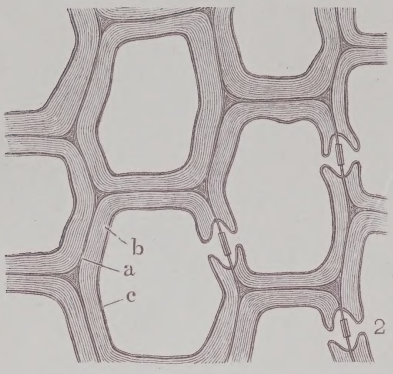
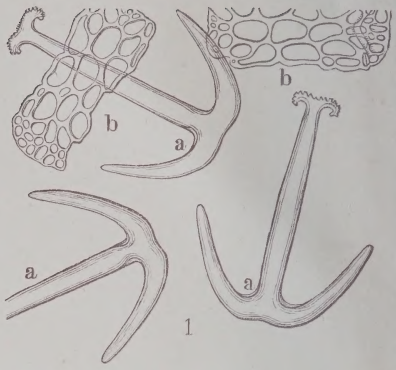
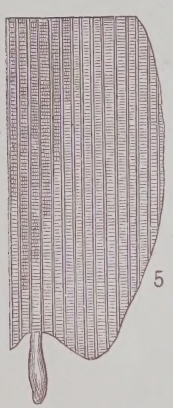
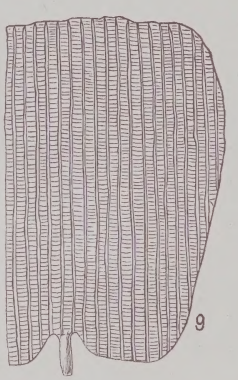
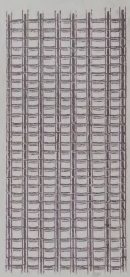
UNIV.
OF TORONTO
LIBRARY

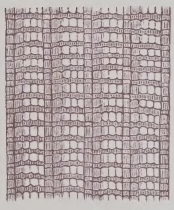


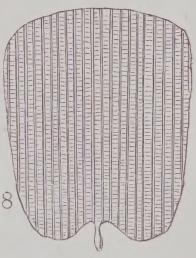


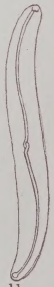


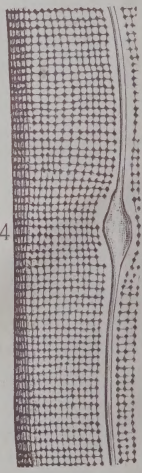


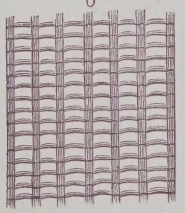




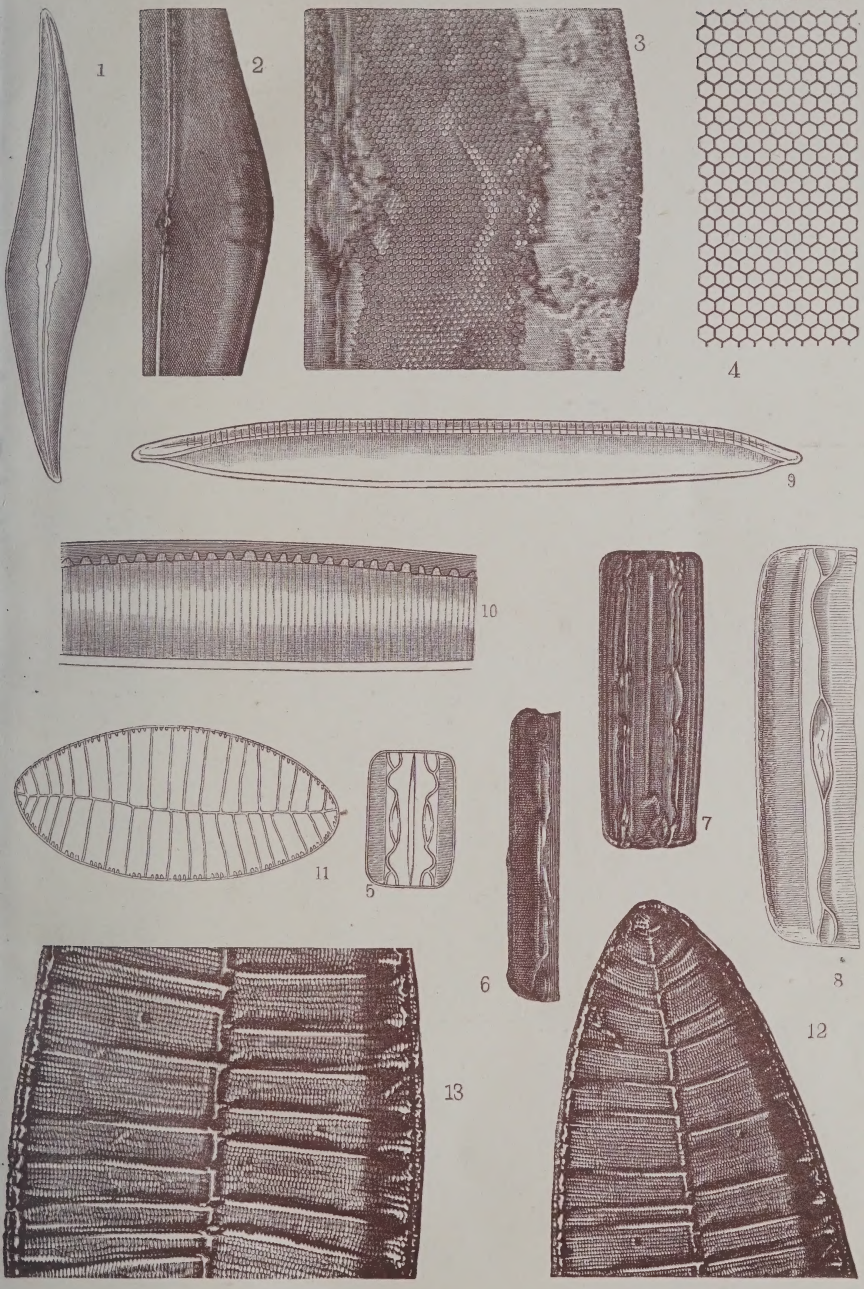








Probeobjecte.



Probeobjecte.

HILFSBUCH

ZUR AUSFÜHRUNG

MIKROSKOPISCHER UNTERSUCHUNGEN

IM

BOTANISCHEN LABORATORIUM

VON

WILHELM BEHRENS

Mit 2 Tafeln
und 132 Abbildungen in Holzschnitt

BRAUNSCHWEIG
HARALD BRUHN
Verlagsbuchhandlung für Naturwissenschaft und Medicin
1883

Alle Rechte vorbehalten

10842
8/12/90
b

Druck von Wiegandt & Appelhans (vorm. M. Bruhn) in Braunschweig

Holzschnitte von Albert Probst in Braunschweig

Vorwort.

Die Arbeiten zu diesem Werke haben den Zeitraum von mehreren Jahren eingenommen. Zu Anfang des Jahres 1880 entschloss ich mich, meine bis dahin lediglich zum Privatgebrauch gesammelten Zusammenstellungen über die mikroskopische Nachweisung der Pflanzenstoffe zu der vorliegenden Publication zu verarbeiten. Mehrere befreundete Botaniker, denen ich mein Vorhaben mittheilte, und die ich um ihre bezügliche Meinung bat, riethen mir auf das Dringendste, dieses Vorhaben auszuführen. Da sich auch die Verlagsbuchhandlung bereit finden liess, das Werk zu übernehmen, so wurde etwa zu Ostern 1880 mit der Ausarbeitung des Manuscriptes und gleichzeitig mit dem Drucke begonnen.

Ein Werk, welches bei mikroskopischen Untersuchungen vorwiegend im botanischen Laboratorium selbst verwandt werden soll, darf weder Optik noch Histologie lehren wollen. Der Praktikant findet daher in dem vorliegenden Buche wohl eine kurze Beschreibung der von ihm verwendeten mikroskopischen Apparate [1. und 2. Abschnitt], sowie Angaben über den Gebrauch derselben, allein er muss, wenn er das Mikroskop vom Standpunkte des optischen Physikers aus kennen lernen will, zu den grösseren Handbüchern der Mikroskopie greifen, wie das von Harting, von Nägeli und Schwendener oder das kürzlich erschienene Dippel-Abbe'sche Handbuch. Dieses sind Werke, welche, mit der nöthigen Sorgfalt studirt, überhaupt erst ein volles Verständniss für die Leistung der mikroskopischen Apparate ermöglichen, die aber wegen ihrer langen theoretischen Auseinandersetzungen schlecht auf den Tisch des praktischen Mikroskopikers passen.

Behandelt also der erste und zweite Abschnitt [pag. 1—129] das Mikroskop und die mikroskopischen Nebenapparate, so bringt der dritte [pag. 130—218] Bemerkungen über die Herstellung botanischer mikroskopischer Präparate. Jedermann weiss, dass durch blosses Lesen derartiger Auseinandersetzungen die Darstellung von Präparaten nicht erlernt werden kann, sondern dass hier manuelle Anleitung die Hauptsache ist; trotzdem wird das Studium dieses Abschnittes dem angehenden Präparator vielerorts neue Gesichtspunkte eröffnen können und ihn hier und da selbständig zur Anwendung neuer Methoden veranlassen.

Die Bearbeitung des Capitels über Herstellung von Präparaten fossiler Pflanzen hat mein Freund Director Dr. Conwentz gütigst übernommen, wofür ich demselben auch hier den herzlichsten Dank ausspreche.

Den Hauptschwerpunkt des ganzen Werkes verlege ich auf den 4. und 5. Abschnitt. Es enthält das, was man bis jetzt — nicht ganz richtig — als „Michrochemie“ bezeichnet hat, nämlich vierter Abschnitt: „Die mikroskopischen Reagentien“ und fünfter Abschnitt: „Mikroskopische Nachweisung der Pflanzenstoffe“. Bis zur Mitte 1880 existirte eine nach dem heutigen Stande der Wissenschaft brauchbare Zusammenstellung der hierhergehörigen Gegenstände nicht; inzwischen ist aber die „Botanische Mikrochemie“ von Poulsen erschienen, welche ganz kurz die „mikrochemischen“ Reactionsmethoden zusammenstellt. Trotzdem dieses kleine Werk mit Recht schon weit verbreitet ist, glaube ich, dass auch die entsprechenden Abschnitte des vorliegenden Buches nicht ganz nutzlos sind. Während nämlich Poulsen's Werk vornehmlich für den Anfänger bestimmt ist und daher nur die wichtigsten Reactionsmethoden in den weitesten Umrissen enthält, will vorliegender Abschnitt „Mikroskopische Untersuchung der Pflanzenstoffe“ [pag. 262—494] eine erschöpfende Darstellung dieses Gegenstandes bieten, welche zugleich so eingerichtet ist, dass sie den Fachmann unabhängig macht von der so sehr zerstreuten, oft versteckten und nicht selten schwer zugänglichen Literatur. Zugleich aber sollten auch, soweit nämlich möglich, vollständige Literaturzusammenstellungen ein Zurückgehen auf die Originalarbeiten erleichtern. Dass die hier ganz kurz entwickelten Gesichtspunkte dazu führen mussten, die Sache von Grund aus anders anzugreifen, als es inzwischen Poulsen gethan, liegt wohl auf der Hand. Ueberall habe ich den chemischen [d. h. physiologisch-chemischen] Gesichtspunkt in den Vordergrund gestellt, sowohl bei der Disposition des Ganzen, wie in der Ausführung der einzelnen Capitel. Die Disposition

schliesst sich unmittelbar an die neue Auflage von Husemann und Hilger's „Pflanzenstoffe“ an, die leider zur Zeit noch nicht vollständig vorliegt. Hierdurch ist ein bequemer Gebrauch dieses Werkes neben meiner Zusammenstellung ermöglicht; und ich bin der festen Ueberzeugung, dass sich dem Mikrochemiker durch das Studium des Husemann-Hilger'schen Werkes noch zahlreiche Perspectiven eröffnen und manche neue Methoden ergeben werden. — Bei den einzelnen, mikroskopisch nachzuweisenden Pflanzenstoffen scheint mir das Ausgehen von ihren chemischen Eigenschaften der einzige Weg, um zum wahren Verständniss der mikroskopischen Nachweisungsmethoden zu gelangen.

Der einsichtige Leser wird bald entdecken, dass der ganze Abschnitt keineswegs ein blosses Compilatorium darstellt, sondern dass ich das vorhandene Material kritisch gesichtet habe. Das vollständig Unbrauchbare habe ich ausgeschaltet, das Brauchbare jedoch nicht auf Treu und Glauben hingenommen, sondern — soweit es mir möglich war — nachgeprüft; zwar Alles nachzuprüfen, war geradezu ein Ding der Unmöglichkeit, und die angestellten Versuche haben schon über drei Jahre der Arbeitszeit in Anspruch genommen. Zur endlichen Darstellung des Ganzen habe ich — was auch schon durch die innezuhaltende Kürze geboten erschien — eine möglichst objective Form gewählt; subjective Ansichten sind vollständig in den Hintergrund gedrängt worden, und nirgends habe ich Polemik geübt. [Verschiedenes Neues, welches meine angestellten Versuche ergeben haben, werde ich später monographisch veröffentlichen].

In den Literaturzusammenstellungen habe ich möglichste Vollständigkeit zu erreichen gesucht; ich habe diese Vollständigkeit hauptsächlich der hiesigen Universitätsbibliothek zu verdanken, der kaum eine einzige Abhandlung der einschlägigen Literatur fehlt. Bis auf kaum nennenswerthe Ausnahmen habe ich Alles selbst gesehen und gelesen.

Die dem Werke beigegebenen Zeichnungen sind zum kleineren Theile Copien, zum grösseren Originalabbildungen, die ich meist selbst auf das Holz gezeichnet habe. Soweit sie mikroskopische Apparate betreffen, sind letztere unter meiner Leitung mit Zuhilfenahme sehr kleiner Blenden photographirt worden; diese fast schwarz aussehenden, aber bezüglich der Linien correcten Lichtbilder wurden photographisch auf das Holz übertragen, dann von mir mit Sepia oder Tusche und Weiss ausgemalt und darauf geschnitten.

Da der Druck aus technischen und anderen Gründen mit der Weiterbearbeitung des Manuscriptes fortlief, so konnte ich bei einigen Capiteln die allerneueste Literatur nicht mehr berücksichtigen [so mussten z. B. bei „Cellulose“ leider STRASBURGER's schönes Werk über den Bau und das Wachsthum der Zellhäute unberücksichtigt bleiben, wie auch einige neue Monographien über den Bau des Zellkerns]; so weit es aber irgend möglich war, ist stets die neueste Literatur nachgetragen worden. —

Diejenigen Herren, welche den fünften Abschnitt einer genaueren Ansicht unterziehen sollten, würde ich für Mittheilung etwaiger Auslassungen oder Incorrectheiten sehr verbunden sein.

Göttingen, 18. December 1882.

W. Behrens.

Inhaltsverzeichniss.

Erster Abschnitt.

Das Mikroskop.

I. Einleitung.

Erfindungsgeschichte des Mikroskops pag. 1. — Leeuwenhoek pag. 2. — H. und Z. Janssen pag. 3. — Van Deyl pag. 6. — Fraunhofer und Chevalier pag. 6. — Neuere Mikroskopverfertiger pag. 6. — H. v. Mohl pag. 8. — Art des mikroskopischen Sehens pag. 9. — Fixirung gesehener Bilder pag. 11. — Eigenschaften des Mikroskopikers pag. 12.

II. Das zusammengesetzte Mikroskop.

Allgemeines pag. 14. — Das Objectiv pag. 18. — Der achromatische Linsensatz pag. 19. — Das Objectivsystem pag. 20. — Ausgeführte Systeme pag. 25. — Das Immersionssystem pag. 26. — Das Correctionssystem pag. 29. — Das Ocular pag. 31. — Negatives, positives und orthoskopisches Ocular pag. 34. — Vergrösserungsvermögen moderner Mikroskope pag. 35. — Prüfung des optischen Vermögens pag. 38. — Prüfung des Begrenzungsvermögens pag. 40. — Prüfung des Auflösungsvermögens pag. 43. — Die Nobert'sche Probeplatte pag. 56. — Die Mikroskopröhre pag. 56. — Die Mikrometerschraube pag. 58. — Der Objecttisch pag. 62. — Der Beleuchtungsapparat pag. 64. — Der Spiegel pag. 64. — Blendvorrichtungen pag. 66. — Beobachtung bei künstlicher Beleuchtung pag. 69. — Der Mikroskopfuss pag. 71. — Regeln für den Gebrauch des Mikroskops pag. 71.

Zweiter Abschnitt.

Mikroskopische Nebenapparate.

I. Das Präparirmikroskop.

Doublets und Triplets pag. 77. — Stativ des Präparirmikroskops pag. 78. — Allseitige Beleuchtung von Gegenständen unter dem Präparirmikroskop pag. 81.

II. Apparate zum Zeichnen mikroskopischer Bilder.

Allgemeines und Theoretisches pag. 81. — Wollaston's Camera lucida pag. 87. — Nobert's Zeichenprisma pag. 87. — Der Sömmering'sche

Spiegel pag. 88. — Der Doppelspiegel pag. 89. — Oberhäuser's Zeichenprisma pag. 90. — Holle's Zeichenapparat pag. 90.

III. as Mikrometer und die mikrometrische Messung.

Objectivmikrometer pag. 92. — Das Objectivglasmikrometer pag. 92. — Das Spitzenocular pag. 63. — Das Objectivschraubenmikrometer pag. 94. — Ocularmikrometer pag. 96. — Ocularglasmikrometer pag. 96. — Ocularschraubenmikrometer pag. 99. — Die Camera lucida als Messapparat pag. 99. — Allgemeines über die mikrometrische Messung pag. 102.

IV. Polarisationsapparat und Goniometer.

Polarisator pag. 107. — Analysator pag. 107. — Gebrauch des Polarisationsapparates pag. 110. — Das Goniometer pag. 112.

V. Das Mikrospectroskop.

Die Prismen pag. 113. — Der Spalt pag. 114. — Das Vergleichsprisma pag. 116. — Der Messapparat des Mikrospectroskops pag. 119. — Benützung des Mikrospectroskops pag. 123. — Einfluss des Spaltes auf das Spectrum pag. 125.

Dritter Abschnitt.

Das mikroskopische Präparat.

I. Einleitung.

Historisches pag. 130. — Allgemeines pag. 132. — Einfluss des Einschlussmittels auf die Beobachtung pag. 135.

II. Darstellung von Objecten ohne Schneideinstrumente.

Objecte zur sofortigen Beobachtung pag. 134. — Die Maceration oder Erweichung pag. 136. — Einäscherung und Entkalkung pag. 138.

III. Instrumente zur Herstellung mikroskopischer Dünnschnitte.

Rasirmesser pag. 139. — Scalpelle pag. 143. — Nadeln und Lanzetten pag. 144. — Pinzetten und Scheeren pag. 145. — Sonstige Requisiten pag. 145.

IV. Die Herstellung mikroskopischer Schnitte.

Erhärtung des Materials pag. 148. — Schnitte aus freier Hand pag. 149. — Schnitte zwischen Hollundermark und Kork pag. 153. — Schnitte in Einbettungsmitteln pag. 155.

V. Weitere Behandlung der Schnitte.

Entfernung der Luft pag. 157. — Behandlung der Schnitte unter dem Simplex pag. 158. — Das Aufhellen der Präparate pag. 159.

VI. Herstellung mikroskopischer Präparate von fossilen Pflanzen.

Allgemeines und Historisches pag. 162. — Zuschneiden des Präparates pag. 166. — Anschleifen des Präparates pag. 167. — Dünnschleifen des Prä-

parates pag. 168. — Fertigstellen des Präparates pag. 170. — Aufbewahrung der Präparate pag. 171. — Käufliche Dünnschliffe pag. 173.

VII. Herstellung von Dauerpräparaten.

Objectträger pag. 174. — Deckgläschen pag. 176. — Conservirungsmittel pag. 177. — Glycerin pag. 177. — Glyceringelatine pag. 179. — Canadabalsam pag. 181. — Chlorcalciumlösung pag. 183. — Sonstige Conservirungsflüssigkeiten pag. 183. — Das Einlegen der Präparate in flüssige Conservirungsmittel pag. 186. — Glaszellen pag. 189. — Das Einschliessen der Präparate pag. 190. — Verschlussmittel pag. 190. — Verschluss bei eckigen Deckgläsern pag. 192. — Verschluss bei runden Deckgläsern pag. 195. — Der Drehtisch pag. 196. — Schutzleisten pag. 197. — Etiquetten pag. 198. — Aufbewahrung der Dauerpräparate pag. 199.

VIII. Beobachtungspräparate lebender Organismen.

Feuchte Kammer pag. 202. — Beobachtung im hängenden Tropfen pag. 203. — Culturtropfen pag. 203.

IX. Das Zeichnen mikroskopischer Präparate.

Hilfsmittel für das mikroskopische Zeichnen pag. 205. — Ausführung mikroskopischer Zeichnungen pag. 211. — Zeichenmaterialien pag. 217.

Vierter Abschnitt.

Die mikroskopischen Reagentien.

I. Einleitung.

Allgemeines und Historisches pag. 219. — Mikroskopische Analyse pag. 220.

II. Apparate zur Darstellung der Reagentien.

Gläser zum Aufbewahren derselben pag. 224. — Maassgefässe pag. 226. — Anwendung der Maassgefässe pag. 229.

III. Anwendung der Titrirmethode zur Darstellung mikroskopischer Reagentien.

Normaloxalsäurelösung pag. 231. — Normalkalilösung pag. 231. — Normalschwefelsäure pag. 232. — Tabelle der Aequivalente pag. 233. — Beispiele für die Anwendung der Titrirmethode zur Darstellung mikroskopischer Reagentien pag. 233.

IV. Aufzählung und Darstellung der mikroskopischen Reagentien.

Wasser pag. 235. — Salpetersäure pag. 235. — Schwefelsäure pag. 236. — Salzsäure pag. 236. — Phosphorsäure pag. 236. — Jodlösungen pag. 237. — Kaliumhydroxyd pag. 240. — Kaliumchlorat pag. 242. — Kaliumnitrat pag. 242. — Kaliumbichromat pag. 242. — Chlornatrium pag. 242. — Ammoniak pag. 243. — Eisenchlorid pag. 243. — Chromsäure pag. 243. — Kupfersulfat pag. 244. — Cuprammoniumoxyd pag. 244. — Quecksilberchlorid pag. 246. — Millon'sches Reagenz pag. 247. — Osmiumsäure pag. 247. — Alkohol pag. 248. — Aether pag. 248. — Essigsäure pag. 248. — Kupferacetat pag. 248. —

Nitroprussidnatrium pag. 248. — Ferrocyankalium pag. 249. — Oxalsäure pag. 249. — Asparagin pag. 249. — Rohrzucker pag. 249. — Anilinfarbstoffe pag. 250. — Anilinsulfat pag. 252. — Phenol pag. 253. — Phloroglucin pag. 253. — Indol pag. 254. — Eosin pag. 254. — Hämatoxylin pag. 255. — Cochenilleextract pag. 256. — Carminlösungen pag. 257. — Pikrocarminsaures Ammon pag. 259. — Alkannatinctur pag. 261.

Fünfter Abschnitt.

Mikroskopische Untersuchung der Pflanzenstoffe.

Einleitendes pag. 262. — Gesichtspunkte bei der Disposition des Materials pag. 263.

I. Cellulose und ihre Modificationen.

Uebersicht pag. 265. — Cellulose im engeren Sinne pag. 268. — Verhalten des Zellstoffes zu Jodreagentien pag. 268. — Verhalten des Zellstoffes zu Mineralsäuren pag. 272. — Verhalten des Zellstoffes zu Alkalien pag. 273. — Verhalten des Zellstoffes zu Cuprammoniumoxyd pag. 273. — Verhalten des Zellstoffes zu Alauncarmin pag. 274. — Verhalten des Zellstoffes zu Kupfersulfat-Kali pag. 274. — Verschleimende Cellulose pag. 275. — Holzstoff pag. 279. — Verhalten des Lignin zu Jodreagentien pag. 280. — Verhalten des Lignin zu Anilinsulfat pag. 281. — Verhalten des Lignin zu Phloroglucin pag. 284. — Verhalten des Lignin zu Indol pag. 286. — Verhalten des Lignin zu Phenol-Salzsäure pag. 288. — Empfindlichkeit der Holzstoffreactionen pag. 289. — Mittellamelle pag. 290. — Verkorkte Cellulose pag. 294. — Pilzcellulose pag. 299. — Tabelle der Zellstoffreactionen pag. 301.

II. Stärkemehl, Amylum.

Stärkemehl als solches pag. 302. — Stärke mit Proteïnsubstanzen pag. 307. — Stärke in Chlorophyllkörnern pag. 308.

III. Dextrin.

Methode der Nachweisung pag. 309.

IV. Pflanzenschleime.

Eigentliche Schleime pag. 312. — Amyloïd pag. 313. — Lichenin pag. 314. — Gummischleime pag. 314.

V. Gummi.

Arabin und Cerasin pag. 316. — Bassorin, Adragantin pag. 317. — Schleim der Leinsamen pag. 317.

VI. Inulin.

Methode der Nachweisung pag. 319.

VII. Traubenzucker, Glycose.

Methode der Nachweisung pag. 320.

VIII. Rohrzucker, Saccharose.

Methode der Nachweisung pag. 320.

IX. Eiweissstoffe, Proteïnstoffe.

Allgemeines pag. 321. — Reserveproteïnstoffe pag. 322. — Amorphe Proteïnkörner pag. 324. — Proteïnkörner mit Krystalloïden pag. 327. — Proteïnkrystalloïde ohne Hüllmasse pag. 328. — Proteïnkörner mit anorganischen Einschlüssen pag. 332. — Functionirende Proteïnstoffe pag. 333. — Protoplasma, Epiplasma, Metaplasma pag. 335. — Zellkern pag. 338. — Fixirung der Kernstructuren pag. 338. — Kerntinctionen pag. 339. — Tabelle der wichtigsten Reactionen auf die flüssigen Zellinhaltsstoffe pag. 343.

X. Chlorophyll, Blattgrün.

Allgemeines pag. 345. — Die Grundsubstanz der Chlorophyllkörner pag. 346. — Die Chlorophyllfarbstoffe pag. 348. — Verhalten gegen Reagentien pag. 348. — Spectroskopisches Verhalten pag. 351. — Construction von Absorptionscurven pag. 357.

XI. Blütenfarbstoffe.

Allgemeines pag. 358. — Anthocyan pag. 359. — Anthoxanthin pag. 359. — Farbstoffkörnchen pag. 360.

XII. Asparagin.

Allgemeines pag. 361. — Methode der Nachweisung pag. 363.

XIII. Anorganische Pflanzenbestandtheile.

Allgemeines pag. 364. — Kieselsäure pag. 365. — Kalksalze pag. 366.

XIV. Glycoside.

Allgemeines pag. 367. — Coniferin [Abietin] pag. 368. — Vanillin pag. 368. — Salicin pag. 368. — Hesperidin pag. 369. — Frangulin [Rhamnoxanthin pag. 369. — Syringin pag. 369. — Chrysophansäure [Rheïn] pag. 370.

XV. Gerbsäuren.

Allgemeines pag. 370. — Verhalten gegen Reagentien pag. 371. — Gallussäure pag. 372.

XVI. Alkaloïde.

Veratrin pag. 373.

XVII. Fette.

Allgemeines pag. 374. — Fette Oele pag. 374. — Wachs pag. 374.

XVIII. Aetherische Oele.

Nachweisung derselben pag. 375.

XIX. Stearoptene.

Asaron pag. 375.

XX. Harze, Balsame, Terpene.

Harze im engeren Sinne pag. 376. — Allgemeines pag. 376. — Verhalten gegen Reagentien pag. 377. — Harzmehl 378. — Gummiharze pag. 379. — Betuloresinsäure pag. 379. — Milchsäfte pag. 379.

XXI. Phanerogamenfarbstoffe.

Allgemeines pag. 380. — Farbstoff von Rubia tinctorum pag. 381. — Farbstoffe der Farbhölzer pag. 381. — Farbstoff der Berberiswurzel pag. 381. — Rother Farbstoff der Samen von Abrus precatorius pag. 381.

XXII. Kryptogamenfarbstoffe.

Algenfarbstoffe pag. 381. — Florideengrün 383. — Phykoxanthin pag. 383. — Diatomin [Endochrom] pag. 383. — Phykoërythrin [Florideenroth] pag. 383. — Phykocyan [Phykochrom] pag. 383. — Palmellin pag. 383. — Phykophaeïn pag. 383. — Spectroskopisches Verhalten pag. 384. — Gleocapsin und Scytonemin pag. 386. — Pilzfarbstoffe pag. 386.

Alle in diesem Werke angeführten Werthe beziehen sich auf das metrische System; bei Längenmaassen ist die Einheit das Centimeter [c], zu 10 Millimeter [mm], bei mikrometrischen Werthen ist die Einheit das Mikromillimeter [Mikron, Mikrum, mmm oder μ]; bei Raummaassen ist das Cubikcentimeter [cc] die Einheit, bei Gewichtsbestimmungen das Gramm [g = 10 Decigramm = 100 Centigramm = 1000 Milligramm mg]; die Temperaturangaben nach dem 100-theiligen Celsius'schen Thermometer.

ERSTER ABSCHNITT.

Das Mikroskop.

I. Einleitung.

Das Mikroskop nimmt gegenwärtig auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Botanik, zumal in der Pflanzenanatomie und theilweise auch in der Physiologie als Beobachtungsinstrument die hervorragendste Stelle ein. Die Pflanzenanatomie beschäftigt sich ja durchgängig mit der Untersuchung der Elementarbestandtheile des pflanzlichen Organismus, und die Kleinheit dieser Theile macht den Gebrauch des in Frage stehenden Instrumentes fast immer nothwendig. Die Ausbildung der Pflanzenanatomie ist sogar von der Vervollkommnung des Mikroskops abhängig gewesen und diejenigen Zeitepochen, in denen ein grosser Schritt zu seiner Verbesserung vorwärts gemacht wurde, bezeichnen zugleich auch in vielen Fällen die hauptsächlichsten Entwicklungsperioden der Phytotomie. Andererseits ist jedoch auch die sich weiter entwickelnde Pflanzenanatomie nicht ohne Einfluss auf die Verbesserung dieses oder jenes Mikroskoptheiles gewesen.

Der Name des Apparates, sowie seine Erfindung gehören dem späteren Mittelalter, etwa dem 15. oder 16. Jahrhundert an. *Microscopium* [von *μικρός*, klein und *σκοπέω*, betrachten, vermittels des Gesichtes beobachten] nannte man die Vorrichtung deshalb, weil sie gestattete, sehr kleine Gegenstände, Sandkörnchen, Insecten und dergleichen, vergrössert zu besehen. Man muss jedoch nicht etwa meinen, dass jene ersten, sehr schüchternen Versuche, Vergrösserungsgläser zu construiren, mit den in der Neuzeit verfertigten Instrumenten irgendwie

verglichen werden können. Die ersten derartigen Erzeugnisse waren Flohgläser, *vitra pulicaria* und *muscaria*, welche den Gelehrten von damals mehr zu einer höchst „curiösen und erschröcklichen microscopischen Augen- und Gemüthsergötzung," denn zu wissenschaftlichen Beobachtungen dienten. Sie bestanden nach der Art, wie wir sie noch heute in unseren Spielwaarenhandlungen sehen, aus einer einzigen gläsernen Linse, die das Segment einer Kugel von geringem Durchmesser war. Man hatte sie in eine hölzerne Röhre gefasst, welche am unteren Ende, im Brennpunkte gedachter Linse, ein Glasplättchen trug, auf das ein gequetschter Floh, eine Mücke, ein Fliegenbein oder ein ähnliches Object aufgeklebt war. Das Flohglas gehörte zu den unentbehrlichen Requisiten eines damaligen Gelehrten; es vergrösserte etwa 6- bis 10-mal, kam also einer mittelmässigen Lupe von heute gleich. Es macht heutigentags einen höchst komischen Eindruck, wenn man die Beschreibung von Beobachtungen durchliest, die jene faustianischen Gelehrten mit dem Flohglase anstellten; Manche beschrieben entsetzt wahre Ungeheuer, welche sie so beobachteten: glaubten doch minder Kundige, selbst den Teufel in der unschuldigen Vorrichtung zu sehen.

Auch Leeuwenhoek [1632—1723], einer der Ersten, welche wirklich wissenschaftliche Beobachtungen mit dem Mikroskop anstellten, ein Mann, der durch die Entdeckung der Infusorien in den weitesten Kreisen bekannt geworden ist, wandte bei seinen Beobachtungen gleichfalls ausschliesslich einfache, freilich nach den damaligen Begriffen sehr stark vergrössernde Mikroskope [*microscopia exactissima*] an. Er verstand es, sehr vollkommene kleine Linsen von geringer Brennweite zu schleifen, welche er dann zwischen zwei aufeinander geschraubte, rechteckige Silber- oder Messingplatten [von 4 bis 5 cm Länge und etwa 3 cm Breite] fasste, dergestalt, dass man durch zwei correspondirende Löcher der Platten durch sie hindurchsehen konnte. Hinter der so vorgerichteten Linse befand sich ein nach allen Richtungen verstellbares Spitzchen, an welches das zu beobachtende Object gespiesst wurde, worauf man die ganze Vorrichtung gegen das Licht hielt und die Linse möglichst dicht an das Auge brachte. Leeuwenhoek's Mikroskope vergrösserten 40- bis 100mal, ganz wenige auch bis zu 150-, eins sogar bis 270mal.

Aber schon vor der Zeit Leeuwenhoek's, nämlich noch vor Schluss des 16. oder doch gleich im Anfange des 17. Jahrhunderts war das zusammengesetzte Mikroskop erfunden worden. Es unterscheidet sich von den bis jetzt erwähnten sehr wesentlich dadurch, dass ein Bild durch eine dem Objecte nahe Linse — das sogenannte Objectiv —

erzeugt, und dass dieses Bild durch eine in der Nähe des Auges befindliche Linse — das Ocular — betrachtet, beziehentlich vergrössert wird. Dieses Princip liegt allen Mikroskopen, auch denen der Jetztzeit zu Grunde, mögen sich letztere constructiv auch noch so sehr von jenen der ersten Erfinder unterscheiden.

Wer als der eigentliche Erfinder des zusammengesetzten Mikroskopes anzusehen sei, war lange Zeit eine zweifelhafte und häufig discutirte Frage. Nach den literarischen Studien von Harting [1]) scheint es jedoch ziemlich zweifellos, dass dieses Verdienst zwei Brillenschleifern zu Middelburg in Holland, Hans und Zacharias Janssen, Vater und Sohn, zugeschrieben werden müsse. In früheren Zeiten galten auch Fontana, Galileo Galilei und der Niederländer Drebbel als erste Verfertiger unseres Instrumentes. In einem Werke von Borel, eines Franzosen, findet sich der Brief eines Landsmannes und Freundes des jüngeren Janssen, der unter Anderem das erste Mikroskop folgendermassen beschreibt: [2]) „Es besass nicht [wie jetzt solche gezeigt werden] eine kurze Röhre, sondern eine von fast anderthalb Fuss Länge; die Röhre selbst war von vergoldetem Messing und auf zwei Finger Höhe in der Mitte von drei bronzenen, gleichfalls gestützten Delphinen befestigt; der Fuss bestand aus einer Scheibe von Ebenholz, die verschiedene Instrumentchen oder kleine Gegenstände trug, welche wir von oben in fast wunderbar stark vergrösserter Form erblickten."

War nun auch mit der Erfindung des zusammengesetzten Mikroskopes im Allgemeinen die Einrichtung vorgezeichnet, welche dem Apparat gegeben werden musste, so war doch die Construction der Vergrösserungsgläser innerhalb des ersten Jahrhunderts nach der Erfindung so mangelhaft, dass sie zu Beobachtungen, wie sie die neuere Zeit verlangt, wenig oder nicht geeignet waren.

Man betrachtete während jenes Zeitraumes nämlich die Untersuchungsobjecte nur mit auffallendem Lichte, welches man, indem man als Lichtquelle eine Lampe benützte, durch eine mit Wasser gefüllte Kugel oder durch eine Sammellinse auf das Object zu concentriren suchte. Ein solches, nur für Oberlicht anwendbares Instrument bildet z. B. Robert Hooke [3]) ab, und erzählt auch, dass ein dünner Schnitt

[1]) Harting, Das Mikroskop, Braunschweig 1859. pag. 586—596.

[2]) Der lateinische Text findet sich bei Harting l. c. pag. 589 abgedruckt. Das Werk von Borel führt den Titel: De vero telescopii inventore, cum brevi omnium conspiciliorum historia. Accedit etiam Centuria observationum microscopicarum. Hag. Comitum 1655.

[3]) R. Hooke, Micrographia, or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. Lond. 1667.

durch einen Flaschenkork auf schwarzem Grunde wie eine Bienenwabe erscheine; man unterscheide Hohlräume [Poren] und die sie trennenden Wände.[4]) Der für uns unentbehrliche Beleuchtungsspiegel, welcher sich unter dem Objecte befindet und gestattet, dasselbe bei durchfallendem Lichte zu betrachten, wurde erst um das Jahr 1735 für das zusammengesetzte Mikroskop von Culpeper und Scarlet [5]) und wenige Jahre später [1740] von Wilson [6]) für das einfache Mikroskop eingeführt; — damit war allerdings ein grosser Schritt vorwärts gethan.

Aber auch die Construction und Combination der Linsen war damals beim zusammengesetzten Mikroskope sehr mangelhaft. Man wandte nämlich nicht, wie jetzt, ein aus zwei Gläsern gebildetes Ocular und ein Objectiv von mehreren Linsen an, sondern beide bestanden früher gewöhnlich aus nur je einem Glase. Die Folge davon war, dass das mikroskopische Bild oft in hohem Grade gekrümmt erschien, indem nur die mittleren Stellen desselben sich deutlich darstellten, während die Randpartien bis zur Unkenntlichkeit verzerrt waren. Aus eben diesem Grunde erklärt sich auch — was Wolff [7]) im Jahre 1723 nachdrücklichst hervorhebt —, dass damals das einfache Mikroskop mehr im Gebrauch war als das zusammengesetzte [cf. oben Leeuwenhoek], und dass man ersteres zumal bei stärkeren Vergrösserungen viel lieber verwendete als letzteres.

Aus dem Folgenden dürfte nun erhellen, wie diese Mikroskope allmählich solchen mit ebenem Gesichtsfelde Platz machten. Die Instrumente von Drebbel, Galilei und wahrscheinlich auch das oben beschriebene von Janssen besassen, wie bemerkt, zwei Convexlinsen, deren eine als Ocular, deren andere als Objectiv diente. Fontana schaltete bei seinem Mikroskop zwischen diese beiden Linsen ein mittleres Concavglas ein, und ähnlich verfuhr auch Hooke, der dasselbe hauptsächlich anwandte, um das Gesichtsfeld zu vergrössern, während er es fortliess, wenn er das Bild recht klar und deutlich sehen wollte. Ein weiterer Schritt zur Verbesserung wurde darauf von Divini [etwa 1670] gemacht, welcher zuerst zwei planconvexe Linsen zu einem Ocular vereinigte, ähnlich so, wie es noch heute geschieht. Bald nachher wurden auch Doublets, die bereits seit einiger Zeit bei dem einfachen Mikroskop in Anwendung waren, als Objective gebraucht. Endlich kamen gegen Ende des 17. Jahrhunderts Linsencombinationen

[4]) J. Sachs, Geschichte der Botanik. München 1875. pag. 247.
[5]) Harting l. c. pag. 672.
[6]) Harting l. c. pag. 615.
[7]) Sachs l. c. pag. 267. — Man sehe auch Harting l. c. pag. 688.

als Objective auf. Es waren entweder biconvexe oder planconvexe [8]) Linsen von ungleicher Brennweite, gestatteten daher, durch verschiedenartige Zusammenstellungen schwächere oder stärkere Vergrösserungen hervorzubringen, während bei den ältesten zusammengesetzten Mikroskopen die verschiedenen Vergrösserungen dadurch zu Wege gebracht worden waren, dass man den Tubus nach Art der Fernröhre aus drei oder vier in einander verschiebbaren Röhrenstücken verfertigte, die dann je nach der zu erlangenden Vergrösserung ausgezogen wurden.

Wie geringe aber die Leistungsfähigkeit der damaligen Instrumente bezüglich der Vergrösserung war, geht daraus hervor, dass ein Gelehrter jener Zeit ein Mikroskop rühmte, welches 80mal vergrösserte, „was doch gewiss eine ganz riesige Vergrösserung sei“ [*quod certe insigne augmentum est*].

Während wir also gesehen haben, dass es den Verfertigern der Mikroskope allmählich gelang, die sogenannte sphärische Aberration durch geeignete Linsenformen und -Combinationen grösstentheils zu überwinden, war es ihnen bis in das letzte Drittel des vorigen Jahrhunderts keineswegs geglückt, einen anderen grossen Uebelstand des Instrumentes abzustellen, nämlich den der chromatischen Aberration. Zwar hatte bereits gegen Ende des 17. Jahrhunderts Newton die Meinung ausgesprochen, dass man durch die Combination zweier Linsen, die aus Materien von möglichst gleichem Brechungsvermögen und möglichst verschiedenem Farbendispersionsvermögen hergestellt sind, Gläser construiren könne, welche ein farbloses Bild erzeugten, obgleich es ihm nicht möglich gewesen war, den experimentellen Beweis hierfür beizubringen; [9]) zwar hatte Dollond 1758 das erste achromatische Fernrohr construirt und damit jene theoretischen Calculationen der Praxis dienstbar gemacht; auch hatte Euler [1771] die Lehre von der Achromasie zusammenhängend theoretisch begründet und Fuss [1774]

---

[8]) Während es natürlich unmöglich ist, die sphärische Abweichung durch Combinationen biconvexer Gläser ganz zu überwinden, ist dieses ziemlich leicht durch Anwendung planconvexer Linsen, deren ebene Seite nach unten gekehrt, also dem Objecte am nächsten ist. Wenn man nun auch gegen Ende des vorigen Jahrhunderts planconvexe Objectivlinsen allgemein anwandte, so placirte man sie doch stets so, dass die convexe Seite dem Objecte zugekehrt war. Erst Chevalier und Amici benützten sie umgekehrt und reducirten so die sphärische Aberration auf ein Minimum.

[9]) Er war, durch ungenaue Beobachtungen irregeleitet, der Meinung, dass Materien mit nahezu gleichem Brechungsexponenten und sehr verschiedenem Zerstreuungsvermögen für Farben nicht existirten.

nach des Letzteren Auseinandersetzungen Vorschriften für ein zu construirendes achromatisches Mikroskop gegeben: allein man hielt auch jetzt noch die Herstellung so kleiner achromatischer Gläser, wie die mikroskopischen Objectivlinsen nothgedrungen sein müssen, für absolut unmöglich, und glaubte daher niemals ein Mikroskop verfertigen zu können, das bei einigermassen starken Vergrösserungen noch deutliche und scharfe Bilder geben werde.

Nach Harting [10]) soll es wiederum zuerst ein Holländer, van Deyl [1807] gewesen sein, der ein wirklich achromatisches Mikroskop construirte, und zwar stellte er sein Objectiv aus zwei biconvexen Crownglaslinsen und einer dazwischen liegenden biconcaven Flintglaslinse her; sein Instrument besass jedoch aus dem pag. 5, Anm. 8 angeführten Grunde eine sehr beträchtliche sphärische Aberration.

Brewster machte kurze Zeit nachher den Versuch, die mittlere Flintglaslinse durch eine Flüssigkeit vertreten zu lassen [Aehnliches hatte bereits früher Newton angestrebt]. Es entstanden die unter dem Namen Brewster'sche Kugeln bekannten Achromate; es sind mit Wasser gefüllte Glaskugeln, in denen sich — Pol gegen Pol und in der optischen Achse gelegen — zwei biconvexe Glaslinsen angebracht finden. Die Vorrichtung ist indessen nie in Gebrauch gekommen.

Nachdem dann noch von Fraunhofer, dem genialsten Optiker aller Zeiten, auch achromatische Objectivlinsen für Mikroskope hergestellt worden waren, traten in Frankreich Chevalier [ca. 1824] und in Italien Amici [1827 und später] auf, welche Objective construirten, wie sie noch heute unter der Bezeichnung Aplanate [11]) allgemein in Gebrauch sind. Bei ihnen ist sowohl die sphärische wie die chromatische Aberration soweit herabgedrückt, dass sie der mikroskopischen Beobachtung nicht mehr hindernd in den Weg treten. Wir werden in dem ausführenden Theile dieses Abschnittes eingehend mit den Aplanaten bekannt werden.

Die Namen, welche für die neueste Periode des Mikroskopbaues von hervorragender Bedeutung sind und auf deren Leistungen in der Folge geeigneten Ortes noch genauer eingegangen werden soll, sind vorzüglich Hugo von Mohl, Oberhäuser, Hartnack, Nachet, Merz, Plössl, Bénèche und Wasserlein, Pritchard, Ross, Zeiss, Seibert und Krafft, Winkel, Schieck, Leitz, Powell und Andere.

---

[10]) Harting l. c. pag. 691.

[11]) Von *ἀ privativum* und *πλανάω* täuschen, irre führen [„Nichttäuscher"].

Wir haben bis jetzt in unserer geschichtlichen Uebersicht nur den optischen Theil des Mikroskopes in Betracht gezogen, während der Träger dieses Theiles, das Stativ, von uns unberücksichtigt blieb.

Dem Mikroskopstative widmete man in den ersten Zeiten nach der Erfindung des Instrumentes nur geringe Aufmerksamkeit. Es bestand gewöhnlich aus gedrechseltem Holz, die cylindrischen, ausziehbaren Theile waren sogar oft nur aus Pappe gefertigt. Die erste, wichtige Verbesserung, die das feststehende zusammengesetzte Mikroskop empfing, war die Einführung des Beleuchtungsspiegels, welche durch Culpeper und Scarlet geschah, wie wir oben [pag. 4] bemerkt haben. Man arbeitete nun mit durchfallendem Lichte, brachte den zu beobachtenden Gegenstand auf eine durchlöcherte Platte [den Tisch], welche zwischen Spiegel und Objectiv befindlich ist.

Um das Object einzustellen, d. h. genau in den Brennpunkt der Objectivgläser zu bringen, konnte man auf zweierlei Weise verfahren: man konnte nämlich den Objectivtisch feststehend einrichten und den den optischen Apparat tragenden Tubus gegen ihn beweglich machen; oder man konnte umgekehrt den Tubus fixiren, und dem Tische eine auf- und absteigende Bewegung geben. Bei den ersten zusammengesetzten Mikroskopen mit Beleuchtungsspiegel aus der Fabrik von Culpeper und Scarlet war der Tisch fest, und die Einstellung geschah durch Schieben des Tubus vermittels der Hand. Aber schon Cuff wandte um die Mitte des 18. Jahrhunderts die Stellschraube zur Ermöglichung genauer Einstellung an. Bei seinen Mikroskopen war der Tubus an ein Metallcharnier befestigt, welches an einer verticalen Metallstange auf- und abbewegt werden konnte. War durch diese Manipulation die ungefähre [sogenannte grobe] Einstellung geschehen, so stellte man das Charnier durch eine Klemmschraube fest und bediente sich dann einer zweiten Schraube [Mikrometerschraube], welche gestattete, das Charnier selbst ganz wenig zu verkürzen, resp. zu verlängern, und dadurch die feine Einstellung zu bewirken. — Bei späteren Mikroskopen [von Martin, Jones, van Deyl etc.] geschah die Tubusbewegung auch wohl nur durch einfachen Zahntrieb.

Bei den Instrumenten von Chevalier war das umgekehrte Verfahren eingeschlagen: der Tisch bewegte sich durch Charnier mit Klemmschraube auf verticaler, prismatischer Metallstange. Die feinere Einstellung geschah wie bei Jones durch eine sorgfältig geschnittene, mit niedrigen Windungen versehene Mikrometerschraube.

In der Folge hat man diese letzte Einrichtung allgemein verlassen; nur die Amici'schen Mikroskope besitzen sie noch und bei den ältesten

Stativen von Plössl sind an derselben Verticalstange sowohl Tubus als Tisch beweglich.

Man hat bei den Instrumenten der Jetztzeit [wenigstens an den grösseren und mittleren Stativen] ausnahmslos die Einrichtung getroffen, dass der Tubus an senkrechter, mit dem Tische fest verbundener Stange in verticaler Richtung beweglich ist. Die grobe Einstellung geschieht vermittels freier Hand oder durch Zahntrieb; die feine durch eine in der Achsenrichtung der Stange arbeitende Mikrometerschraube, deren Knopf sich entweder am oberen Ende der Stange [über dem Tische] oder am unteren Ende derselben [unter dem Tische] befindet, wie wir alsbald genauer sehen werden.

Während die Stative der ersten Mikroskope, die durchgängig aus polirtem oder unpolirtem Holze bestanden, in ihrer äusseren Erscheinung nur sehr bescheidenen Ansprüchen genügen konnten, gelangten zu Ende des vorigen Jahrhunderts Stative aus Messing ganz allgemein in Gebrauch. Es kam nun eine Zeit, in der man dem Aeusseren des Stativs die grösste Aufmerksamkeit schenkte, während der optische Theil des Mikroskops nur geringe Verbesserungen erfuhr. Vor Allem die Engländer liebten es, sich durch glänzendes Aeusseres ihrer Instrumente hervorzuthun und zumal bei ihren Mikroskopen waren die optischen Leistungen der Gläser dem prunkenden Stativ oft geradezu umgekehrt proportional. Auch war es damals Brauch, alle nur möglichen unnützen Nebendinge [sogenannte mikroskopische Nebenapparate] an dem Stativ selbst anzubringen, so dass dadurch der Beobachter beim Arbeiten oft geradezu verhindert wurde. [12])

Es war zuerst der berühmte Pflanzenanatom Hugo von Mohl, welcher nachdrücklichst einfach gebaute Mikroskope verlangt, und welcher die zur Mode gewordene, coquettirende Spielerei mit den Stativen durch scharfe Worte rügt. Er sagt [13]) z. B. darüber Folgendes: „Je einfacher der Bau des Mikroskops ist, desto schneller und leichter wird man alle nöthigen Bewegungen vornehmen; je complicirter sein Bau ist, desto mehr Ueberlegung und Zeit kosten dieselben und desto mehr wird die Aufmerksamkeit während der Beobachtung zum Schaden derselben getheilt. Wer nicht die manuelle Geschicklichkeit hat, um

---

[12]) Verf. hat Gelegenheit gehabt, ein solches englisches Instrument in der physikalischen Sammlung der Technischen Hochschule zu Braunschweig in Augenschein nehmen zu können, an dem man vor Schrauben, Lupen und anderen Dingen buchstäblich nicht zum Objecttisch gelangen kann, und welches man erst bei genauerer Betrachtung überhaupt als Mikroskop erkennt.

[13]) H. v. Mohl, Mikrographie. Tübingen 1846. pag. 89.

mit einem einfach gebauten Mikroskope zu beobachten, wer für jede Bewegung, anstatt seine Finger zu gebrauchen, eine Schraube nöthig hat, der ist ohnehin zum mikroskopischen Beobachter untauglich, denn er wird vergeblich ein brauchbares Präparat zu verfertigen sich bemühen.“

*
* *

Nach diesem kurzen historischen Ueberblicke über die Erfindungsgeschichte des Mikroskops wenden wir uns zur Betrachtung des Instrumentes selbst, wie es heute von dem Beobachter angewandt wird. Indem wir die allgemeinen optischen Gesetze über die Brechung der Lichtstrahlen u. s. w., die ja ohnehin in jedem Lehrbuch der Physik nachgeschlagen werden können, als bekannt voraussetzen, soll es unsere Aufgabe sein, in den folgenden Besprechungen eine Darstellung des Mikroskopes zu geben, ohne uns auf zu specielle theoretische Deductionen einzulassen; in der Folge wird dann der Leser mit den Darstellungsmethoden botanischer mikroskopischer Präparate bekannt gemacht werden, und schliesslich soll ihm gezeigt werden, wie die methodische Untersuchung dieser zu geschehen hat.

Es dürfte aber vielleicht nicht nutzlos sein, zuvörderst noch folgende, allgemeine Bemerkungen hier einzuschalten.

Man möge sich von vorn herein darüber klar werden, dass das Mikroskop kein Instrument ist, an welchem man nur zu drehen braucht und hineinzusehen, um in demselben eine grosse Entdeckung zu erblicken. Das Mikroskop ist im Gegentheil eine Vorrichtung, deren Gebrauch, deren Behandlung gelernt sein will; die aber dann, wenn sie mit Verständnis und unter Beobachtung der sorgfältigsten Cautelen benützt wird, gestattet, Dinge zu sehen, die dem unbewaffneten Auge ewig verschlossen geblieben sein würden.

Wir sehen unter dem Mikroskope jedoch immer nur den sehr kleinen Theil eines Naturkörpers, und, was wichtiger ist, wir sehen denselben nur in zwei Dimensionen, nämlich in der Breite und in der Länge; nie können wir auch zu gleicher Zeit die Dicke wahrnehmen. Daher müssen wir, um über den mikroskopischen Bau eines dem blossen Auge körperlich erscheinenden Organes ins Klare zu kommen, verschiedene, in der Richtung der drei Raumausdehnungen verfertigte Schnitte durch dasselbe betrachten und diese hierauf vermittels unseres geistigen Auges combiniren. Es erfordert also das Sehen und Verstehen der mikroskopischen Bilder nicht nur Sinnesthätigkeit, sondern

auch Geistesthätigkeit. — Ich führe hier die diesbezüglichen Aussprüche eines der gewandtesten lebenden Beobachter, Julius Sachs, an, die sich in der „Geschichte der Botanik“ desselben finden;[14]) sie lauten: „Das Sehen ist eine Kunst, die gelernt und ausgebildet sein will, ein bestimmter Zweck muss den Willen des Beobachters anregen, genau sehen zu wollen und das Gesehene richtig zu unterscheiden und zu verbinden.“ . . . . . „Durch die Erfindung des Mikroskops wurde das Auge nicht blos befähigt, kleine Dinge gross, das unsichtbar Kleine überhaupt zu sehen; vielmehr war mit dem Gebrauch der Vergrösserungsgläser noch ein ganz anderer Vortheil verbunden; man lernte überhaupt erst wissenschaftlich und genau sehen; indem man das Auge mit einem Vergrösserungsglase bewaffnete, concentrirte sich die Aufmerksamkeit auf bestimmte Punkte des Objects; das Gesehene war zum Theil undeutlich und immer nur ein kleiner Theil des ganzen Objects; der Wahrnehmung des Sehnerven musste sich ein absichtliches und intensives Nachdenken beigesellen, um das mit dem Vergrösserungsglase stückweise beobachtete Object auch dem geistigen Auge in seinem innern Zusammenhange klar zu machen; so wurde erst durch die Bewaffnung mit dem Mikroskop das Auge selbst zu einem wissenschaftlichen Instrument, welches nicht mehr mit leichtsinniger Bewegung über die Objecte hineilt, sondern von dem Verstand des Beobachters in strenge Zucht genommen und zu methodischer Arbeit angehalten wurde.“ . . . . . „Wie bei jeder Wissenschaft, kommt es auch bei der Untersuchung der Structur der Pflanzen zunächst darauf an, die sinnliche Wahrnehmung mit dem Verstand zu verarbeiten, das Wichtige vom Unwichtigen zu unterscheiden, in die einzelnen Wahrnehmungen logischen Zusammenhang zu bringen, bei der Untersuchung ein Ziel zu verfolgen; dieses Ziel aber kann in letzter Instanz für den Phytotomen kein anderes sein als das, die ganze innere Structur der Pflanze in ihrem gesammten Zusammenhang so klar zu erfassen, dass dieselbe mit allen Einzelheiten von der Phantasie mit völliger sinnlicher Deutlichkeit jederzeit reproducirt werden kann. Dies zu erreichen, ist nicht leicht, weil das Mikroskop, je stärker es vergrössert, nur desto kleinere Theile des Ganzen zeigt; geschickte und überlegte Präparation, sorgfältige Combination der verschiedenen Bilder und lange Uebung sind nöthig, um jenes Ziel zu erreichen. Die Geschichte der Phytotomie zeigt, wie schwer es den Beobachtern gefallen ist, das zerstückelt Gesehene nach und nach zu klarer, zusammenhängender Vorstellung zu gestalten.“

---

[14]) Sachs l. c. pag. 236 ff.

Aber auch für Denjenigen, der im Gebrauch des Mikroskopes bereits einen gewissen Grad der Fertigkeit erlangt hat, ist gleichwohl ein wichtiges Hilfsmittel bei methodischen Beobachtungen unentbehrlich. Jedermann weiss, und hat an sich selbst vielmals die Bemerkung machen können, dass unser Gedächtnis nur in einem bestimmten Masse zuverlässig genannt werden kann, und dass die subjectiven Eindrücke, die das Gehirn empfangen, nur theilweis und nicht immer für alle Zeiten von jenem fixirt werden können. Zumal für solche mikroskopische Beobachtungsreihen, welche man genau im Gedächtnis bewahren will, ist es daher nöthig, ihm graphisch zu Hilfe zu kommen. Dieses kann auf zwiefache Art geschehen. Erstens dadurch, dass man über die betreffenden Beobachtungen genau Buch führt, und zweitens dadurch, dass man das mikroskopische Bild vermittels des Stiftes oder des Pinsels auf dem Papiere zu fixiren sucht, es aufzeichnet. Das Letzte setzt nun freilich eine manuelle Geschicklichkeit, eine gewisse Technik voraus: allein es wird auch dem zeichnerisch weniger gebildeten Mikroskopisten nicht schwer fallen, sich das für seinen Zweck nöthige Können anzueignen. Ueberdies giebt es, wie wir unten des Weiteren ausführen werden, die mannigfachsten Apparate, welche gestatten, das mikroskopische Bild durch reflectirende Prismen auf ein neben dem Mikroskop liegendes Blatt Papier zu werfen, um es dort mit dem Stifte ohne Weiteres nachziehen zu können. Aber diese Vorrichtungen sind, zumal für den Anfänger, nur mit grosser Vorsicht zu gebrauchen. Denn die mikroskopische Zeichnung soll nicht etwa nur die geistlose, unverdaute Copie des gesehenen Bildes sein, sondern sie soll alle die Erfahrungen, alle die Studien in sich aufnehmen, welche der Beobachter an dem Objecte gemacht hat, mit einem Worte, sie soll durchgeistet sein. Auch im Anschluss an das soeben Ausgesprochene will ich wieder eine massgebende Bemerkung Sachs' anfügen: [15]) „Eine mikroskopische Zeichnung, wie überhaupt jede naturwissenschaftliche Abbildung, kann gar nicht den Anspruch erheben, das Object selbst zu ersetzen, vielmehr soll sie mit aller Deutlichkeit genau das wiedergeben, was der Beobachter wahrgenommen hat und insoferne die Beschreibung in Worten unterstützen. Die Zeichnung wird um so vollkommener sein, je geübter das beobachtende Auge und der die Formen zurecht legende Verstand ist. Die Abbildung soll dem Leser Nichts anderes zeigen, als was durch den Geist des Beobachters hindurchgegangen ist, denn nur so dient sie zur gegenseitigen Verständigung; die Sache hat aber auch

[15]) Sachs l. c. pag. 280.

noch eine andere Bedeutung; gerade während des Zeichnens eines mikroskopischen Objectes ist das Auge genöthigt, auf den einzelnen Linien und Punkten zu verweilen, ihren wahren Zusammenhang nach allen Dimensionen des Raumes aufzufassen; es werden dabei sehr häufig erst Verhältnisse wahrgenommen, welche vorher selbst bei sorgfältiger Beobachtung unbeachtet blieben, für die zu untersuchende Frage jedoch entscheidend sein oder sogar neue Fragen eröffnen können. So wie das Auge erst durch das Mikroskop zu wissenschaftlichem Sehen dressirt wird, so wird erst durch sorgfältiges Zeichnen der Objecte das geschulte Auge zu einem wachsamen Rathgeber des forschenden Verstandes."

Auch ein bereits geschickter Zeichner wird, wenn er anfängt, mikroskopische Beobachtungen und Zeichnungen zu machen, zuerst nur ganz unvollkommene bildliche Darstellungen liefern — die letzteren werden aber bei fortgesetzter Uebung und Gewöhnen des Auges an das mikroskopische Sehen zu immer grösserer Vollkommenheit und Uebersichtlichkeit gedeihen.

Es ist viel darüber geschrieben worden, welche Eigenschaften die Persönlichkeit des Mikroskopikers besitzen müsse. Wir beschränken uns hier darauf, unter Voraussetzung der theoretischen Vorbildung folgende vier Factoren bei ihm zu verlangen: geschickte Hände, gute Augen, Gemütsruhe und Selbsterkenntnis.

Zur Anfertigung mikroskopischer Präparate, die die sichere Führung der verschiedensten Instrumente voraussetzt, ist eine gewisse Geschicklichkeit der Hände die erste Vorbedingung. — Was die Augen anbelangt, so möge man nicht denken, dass die bei wissenschaftlich gebildeten Leuten häufig vorkommende Kurzsichtigkeit dem mikroskopischen Beobachten irgendwie hinderlich sei. Sie ist im Gegentheil für die Anfertigung der Präparate oft sehr von Nutzen; als eclatantes Beispiel kann hier einer der gewiegtesten Mikroskopiker und Pflanzenanatomen, Wilhelm Hofmeister, angeführt werden, der die zu präparirenden Gegenstände ganz dicht vor das brillenlose, sehr kurzsichtige Auge brachte, sie auf diese Weise verhältnismässig gross sah, und das Auge gleichsam als ein Präparirmikroskop benützte. [16]) — Man

[16]) Brillentragende thun am Besten, bei genauen Beobachtungen unter dem Mikroskope die Brille abzunehmen, und sie nur dann zu gebrauchen, wenn eine mikroskopische Zeichnung angefertigt werden soll, was bei hochgradiger Kurzsichtigkeit nicht wohl ohne Brille geschehen kann. — Bei dieser Manipulation ergiebt sich [wenigstens dem an Kurzsichtigkeit leidenden Verf.] häufig folgender Uebelstand. Indem man mit dem rechten Brillenglase fort-

beobachtet mit dem rechten Auge, wobei jedoch zu vermeiden ist, das linke währenddessen zuzukneifen, weil sonst die Schliessmuskeln desselben mit der Zeit schmerzlich afficirt werden. Man sieht also mit dem linken Auge auf den [möglichst dunkel, z. B. dunkelgrün gefärbten] Tisch: sich hierdurch etwa einstellender Hang zum Schielen ist durch einige Achtsamkeit und zeitweiliges Ausruhen der Augen nach dem Mikroskopiren leicht zu paralysiren.

Bezüglich des seelischen Zustandes des Beobachters mag erwähnt werden, dass — wie in der Natur der Sache liegt — nur jenes Gemütstemperament der Untersuchung dienlich sein kann, wo wir uns in absoluter Affectlosigkeit befinden. — „Zur Uebung dieser Kritik [nämlich bei mikroskopischen Beobachtungen]," sagt Harting, [17]) „bedarf es aber nicht blos des einfachen Wollens; wir müssen uns auch in einem Gemütszustande befinden, der es uns möglich macht, mit nebelfreiem Blick zu sehen und mit vorurtheilsfreiem Verstande zu schliessen. Als Haupterfordernis hierzu nenne ich die Gemütsruhe während der Untersuchung. Wie leicht es auch scheinen mag, dass dieser Forderung Genüge geschehe, es lehrt die Erfahrung dennoch, dass das Gegentheil sich Geltung verschafft. Dies hat vorzüglich bei mikroskopischen Untersuchungen seine Richtigkeit; diese veranlassen nicht selten lebhafte Gemütseindrücke, welche mit der gewünschten Gemütsruhe während der Beobachtung unvereinbar sind."

Von den vier oben namhaft gemachten unerlässlichen Eigenschaften des Mikroskopikers spielt die Selbsterkenntnis mit die grösste Rolle. Der Mikroskopiker muss Skeptiker durch und durch sein; bei ihm darf sich Nichts von selbst verstehen; er muss stets mit einem gewissen Misstrauen an das zu untersuchende Object herantreten. Er wird sich viel leichter zum guten Beobachter schulen, wenn er sucht, sich jeden Augenblick auf einer falschen Beobachtung zu ertappen, als wenn er sich von vorn herein dem selbstgefälligen Bewusstsein hingiebt, es könne ihm gar nicht passiren, Etwas falsch oder mangelhaft zu sehen. Der

---

während auf das Ocular stösst, wird der auf der Nase liegende Theil des Brillengestelles mit der Zeit so oft in die die *ossa nasalia* bedeckende Haut und auf letztere selbst gepresst, dass dadurch schliesslich ein sehr unangenehmer, nicht selten Kopfweh erzeugender Schmerz hervorgebracht wird. Man vermeidet diese Unannehmlichkeit dadurch, dass man an die betreffende Stelle der Brille ein dünnes Goldblech von 3 mm Breite und 35 bis 40 mm Länge löthen lässt, dem vorher durch Biegen genau die Gestalt des Nasensattels gegeben worden war.

[17]) Harting l. c. pag. 327.

Mikroskopiker muss Selbstkritik üben. So leicht es nun auch ist, Andere zu kritisiren, so schwer fällt es vielen — vielleicht allen — Menschen, an sich selbst den strengen Massstab der Kritik anzulegen, mit welchem sie Andere zu messen so schnell bei der Hand sind; der Egoismus regiert eben die Welt. Ja, noch mehr! Nicht nur Selbstkritik ist dem Mikroskopiker nöthig, sondern auch Wahrheitsliebe gegen sich selbst. Er darf sich nicht vorspiegeln, er habe Dieses oder Jenes bereits genau und vollkommen richtig gesehen, wenn es ihm erst dunkel zum Bewusstsein gelangt ist; er muss sich stets davor hüten, etwas Wahrscheinliches oder gar nur Mögliches für positive Thatsachen zu nehmen. Wie nun diese letztgenannten Eigenschaften für Mikroskopiker und Solche, die es werden wollen, zu erlangen sind, das lässt sich freilich durch Worte auf dem Papier nicht klarlegen — in Bezug hierauf hat Jeder seine eigene, autodidaktische Schule durchzumachen —; möge ihm aber stets im Geiste die Inschrift des Delphischen Tempels vorschweben: Erkenne Dich selbst.

II. Das zusammengesetzte Mikroskop.

Das zusammengesetzte dioptrische [18]) Mikroskop ist ein optischer Apparat, welcher durch eine Convexlinse das vergrösserte Bild eines Gegenstandes erzeugt, das seinerseits durch ein nochmals vergrösserndes Glas betrachtet wird. Das zusammengesetzte Mikroskop unterscheidet sich also von dem einfachen sehr wesentlich dadurch, dass man vermittels des letzteren den vergrösserten Gegenstand selbst, vermittels des ersteren das vergrösserte Bild des Gegenstandes erblickt. Nach dem Gesagten folgt, dass das zusammengesetzte Mikroskop aus mindestens zwei optischen Gläsern bestehen muss, nämlich aus einer, dem zu vergrössernden Gegenstande nahen Linse, welche das Bild hervorbringt [Bilderzeuger, Objectiv], und aus einer zweiten, dem beobachtenden Auge nahen Linse [Lupe], durch welche das erzeugte Bild betrachtet wird [Bildbetrachter, Ocular]. Die beiden Gläser müssen natürlich eine solche gegenseitige Lage zu einander haben, dass das Bild genau in den Brennpunkt [Focus] des Oculars fällt.

[18]) Zusammengesetzte katoptrische Mikroskope giebt es nicht; die katadioptrischen bleiben von unseren Betrachtungen vorläufig ausgeschlossen.

Bei den heutigen Mikroskopen besteht jedoch weder das Objectiv noch das Ocular aus nur einer Linse, sondern ersteres wird von drei planconvexen Achromaten, letzteres aus zwei Gläsern gebildet, von denen das eine [Collector, Collectivlinse, sammelnde Linse] unterhalb des erzeugten Bildes gelegen ist und eine biconvexe Gestalt hat, während sich das eigentliche Ocularglas oberhalb des Bildes befindet und planconvex ist, die plane Seite dem Auge zugekehrt. — Zur Erzeugung eines guten mikroskopischen Bildes ist es erforderlich:

a) dass diesen Linsen die vorher durch Berechnung gefundene, je der Vergrösserung entsprechende Krümmung durch kunstgerechtes Schleifen gegeben werde,

b) dass die fünf Linsen genau centrirt seien, d. h. dass ihre Brennpunkte alle in einer geraden Linie, in der Längsachse des Mikroskops liegen.

Der beschriebene optische Apparat kann einem eigenthümlich construirten Stativ eingefügt werden, welches gestattet:

a) Objectiv und Ocular in einen ganz bestimmten und während der Beobachtung unverrückbaren Abstand von einander zu bringen,

b) den zu beobachtenden Gegenstand genau in den Brennpunkt des Objectivs zu bringen,

c) den zu beobachtenden Gegenstand mit einer genügend grossen Quantität Licht zu versehen, um seinem Bilde den gewünschten Grad der Helligkeit zu geben.

Zur vorläufigen Orientirung über die Mikroskoptheile, sowie zur Erlernung ihrer Terminologie diene Figur 1. Sie stellt ein grösseres Instrument der Jetztzeit in etwa halber natürlicher Grösse dar. — Auf einem schweren, massiven Messingfusse von Hufeisenform *f*, mit nach hinten vorspringendem, stützendem Zapfen *f'* erhebt sich eine Säule *g*. Dieselbe ist in diesem Falle oben mit einem Gelenk versehen, um den ganzen Apparat, wie es in der Abbildung geschehen, beliebig neigen zu können. Von den oberhalb *g* gelegenen Theilen des Mikroskops nennen wir als den wichtigsten zuerst die Mikroskopröhre oder den Tubus *tt*, welcher oben, bei *c*, das Ocular trägt, unten, bei *o*, das Objectiv. Ersteres wird auf den Tubus gesetzt [aufgesetzt], letzteres vermittels einer sorgfältig geschnittenen Schraube in denselben eingeschroben. Die Mikroskopröhre gleitet in einer robusten Messinghülse *r* auf und ab, und kann durch die mit Zahnrad in eine Zahnleiste des Tubus eingreifende Schraube *z*, den Trieb, schnell aufwärts und abwärts bewegt werden. Durch den Zahntrieb *z*

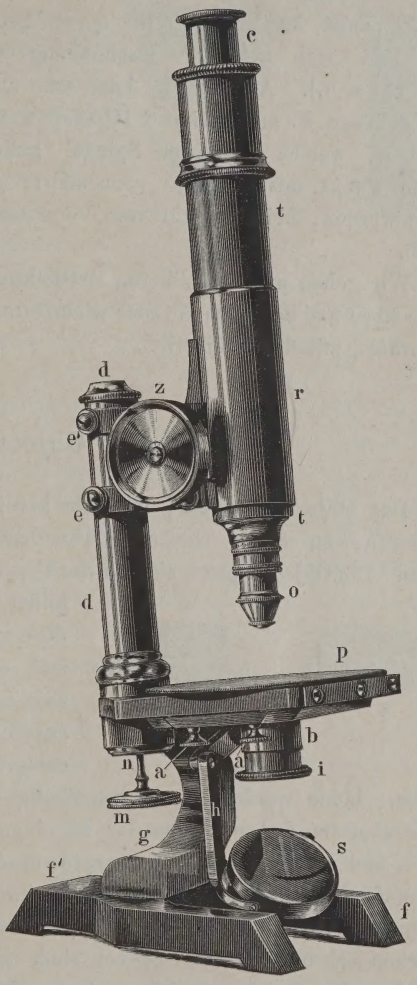
wird die grobe [ungefähre] Einstellung des Objectes bewirkt; d. h. indem man durch Umdrehen von *z* den Tubus und damit das Objectiv *o* dem auf der Platte *p* befindlichen Objecte bis auf einen gewissen Abstand nähert, bringt man es ungefähr in den Brennpunkt von *o*, und es bedarf dann nur noch einer sehr geringen Aenderung des Abstandes, um dasselbe mathematisch genau in den Focus des Objectivs zu versetzen [scharf oder fein einzustellen]. Dieses letztere geschieht durch die sogenannte Mikrometerschraube. Dieselbe befindet sich bei *m*, ihr Gewinde *n* [welches aus sehr zahlreichen und sehr niedrigen Umgängen besteht] läuft in einer Matrix, die sich im unteren, massiven Theile der sonst röhrenförmigen Verticalsäule *d* befindet. Innerhalb von *d* setzt sich die Schraubenachse ohne Gewinde bis in die Nähe von *e* fort, und fasst hier lose in die conische Vertiefung eines prismatischen Messingzapfens ein, der mit der Hülse *r* fest verbunden ist und durch einen vorderen Spalt des Rohres *d* in dieses hineinragt. Der gedachte Zapfen wird durch eine im obersten Theile von *d* befindliche Spiralfeder auf das Ende der Schraubenachse gedrückt. Dreht man nun an der Schraube *m* im aufsteigenden Sinne, so bewegt sich Zapfen, Hülse und Mikroskoprohr etwas nach aufwärts, währenddessen die Spiralfeder in *d* mehr zusammengedrückt wird; während umgekehrt die genannten Theile sich nach abwärts bewegen und die Spiralfeder sich etwas ausdehnt. Auf welche Weise durch diesen Mechanismus eine vollkommen lothrechte Bewegung des Tubus erreicht wird, werden wir später sehen. —

Alle bis jetzt betrachteten Theile des Mikroskopstativs verfolgen den Zweck, den optischen Apparat zu tragen und ihn in die gehörige Entfernung von dem zu untersuchenden Object zu bringen. Ausserdem besitzt das Stativ noch eine Vorrichtung zum Tragen des Objectes, den Tisch, und solche, um dem Objecte das nöthige Licht zu spenden, den Beleuchtungsapparat.

Der Tisch *p* ist eine bei Normalstellung des Mikroskops vollständig horizontale und unverrückbar feste, dicke Platte von Metall; sie besitzt eine fast quadratische oder schwach rechteckige, selten eine andere Gestalt. Genau senkrecht unter dem Mikroskoprohr, also auch senkrecht unter dem Objectiv befindet sich in dem Tische eine kreisrunde Oeffnung, ein Diaphragma, dessen Mittelpunkt in der verlängerten Achse des Mikroskoprohres gelegen ist. Das Object wird zwischen zwei Glasplättchen gebracht und so vorbereitet derartig auf den Tisch gelegt, dass es sich in der Mitte der Tischöffnung befindet. Für gewisse Zwecke, z. B. bei der Schiefstellung des Mikroskops, kann

man auch durch zwei auf der Tischplatte befestigte, federnde Klammern das Object fixiren.

Der Beleuchtungsapparat besteht aus einem kleinen, kreisförmigen Spiegel, dem Beleuchtungsspiegel *s*, der unterhalb des Tisches befindlich ist. Er ist um seine Querachse drehbar und auf der einen Seite eben, auf der anderen hohl geschliffen. Durch das Hebelwerk *h* lässt er sich nicht nur nach allen Richtungen hin bewegen, sondern er kann auch bei vielen Instrumenten durch eine Schraubenvorrichtung dem Tische genähert oder von ihm entfernt werden. — Wenn nun der Spiegel, dem eine solche Stellung gegeben wird, dass er die von einer weissen Wolke reflectirten Lichtstrahlen auf das Object wirft, als der eigentliche Lichtspender bezeichnet werden muss, so befindet sich ausserdem an der unteren Seite des Tisches eine Vorrichtung, vermittels welcher die durch die Tischöffnung hindurchtretende Lichtmenge in gewisser Weise modificirt werden kann; es ist dieses die Blendvorrichtung. In den Tisch kann nämlich ein rechteckiges Metallstück, ein Schlitten durch die Handhaben *a a* hineingeschoben und herausgezogen werden, welches an der mit dem Diaphragma des Tisches



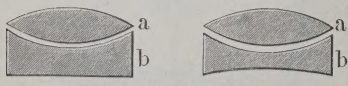
1.

correspondirenden Stelle eine cylinderförmige Metallhülse *b* trägt. In diese lässt sich der Blendcylinder *i* einschieben: er ist innen geschwärzt und verjüngt sich oben so, dass ihm hier kreisförmige, niedrige Metallcylinderchen aufgesetzt werden können, die genau den Durchmesser der Tischöffnung haben und die in der Mitte mit einem grösseren oder kleineren, kreisförmigen Loche versehen sind. Durch diese Vorrichtung lässt sich also die Tischöffnung verschiedentlich verkleinern [Näheres s. u.]. Andererseits kann man auch statt des Blendcylinders eine gefasste Sammellinse [Condensor] in die Tischöffnung einschieben, welche das vom Spiegel gelieferte Licht auf einen gewissen Punkt des Objectes concentrirt; gerade dieses ist, wie wir sehen werden, bei den stärksten Vergrösserungen oft sehr wünschenswerth.

Wir gehen nun zur näheren Betrachtung der einzelnen Mikroskoptheile über und beginnen mit dem wichtigsten Bestandtheile des optischen Apparates, mit dem Objectiv.

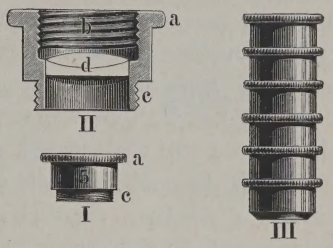
1. Das Objectiv.

Das Objectiv besteht, wie wir bereits auf pag. 15 sahen, aus mehreren, zu einem Ganzen verbundenen, achromatischen Doppellinsen. Die Objectivlinsen sind in der Regel planconvex, sie werden gebildet von einer biconvexen Sammellinse von Crownglas [*a* Figur 2, I] und einer planconcaven Zerstreuungslinse von Flintglas, *b*. Die untere convexe Seite der ersten entspricht genau der Concavität der letzten; beide werden durch vollständig durchsichtigen und farblosen Canadabalsam fest mit einander zu einem Ganzen verbunden. Sehr selten und nur bei ganz stark vergrössernden Gläsern erhält auch wohl die untere Seite der Flintglaslinse eine äusserst schwache concave Krümmung [b, II], sodass diese, den soeben beschriebenen im Uebrigen gleichen Achromate concav-convex sind. Früher fasste man jedes Achromat für sich und combinirte erst vor der Beobachtung mehrere derselben je nach Bedürfnis; man erhielt dadurch den achromatischen Linsensatz. In der Neuzeit werden — wenigstens für grössere Instrumente — schon in der optischen Werkstatt je drei Achromate fest mit einander verbunden und liefern das Objectivsystem.



2.

A. Der achromatische Linsensatz. Jede achromatische Doppellinse ist in ein Röhrchen von Messing gefasst, wie es Figur 3 I, II zeigt. In II ist *d* das Achromat, die ebene Seite der Flintglaslinse ist nach unten gekehrt. Es befindet sich in der Mitte des Röhrchens, in welches oberhalb derselben eine Matrice *b* eingeschnitten ist, damit das Ganze der Patrice eines gleichen Röhrchens [c I] angeschraubt werden kann. Jedes Röhrchen ist mit einer fortlaufenden Zahl bezeichnet, und zwar trägt die schwächste Linse die niedrigste, die stärkste die höchste Ziffer. Bei III ist z. B. ein zu einem älteren Schieck-schen Instrumente gehörender Linsensatz abgebildet; er führt die Bezeichnung 1 bis 6. Die sechs Achromate dürfen nun von dem Beobachter auf folgende Weise combinirt werden: 1, 1 + 2, 1 + 2 + 3, 2 + 3 + 4, 3 + 4 + 5, 4 + 5 + 6. Bei sehr kleinen Mikroskopen sind gewöhnlich vier achromatische Linsen beigegeben, welche mit •, ••, •••, •••• bezeichnet sind. Die Combination dieser geschieht folgendermassen: •, • + ••, • + •• + •••, •• + ••• + •••• — man kann also mit *n* Doppellinsen auch *n* verschiedene Vergrösserungen machen. Diese vielfache Combination und die dadurch hervorgebrachten mannigfachen Vergrösserungen bilden allerdings einen Vortheil der auseinander schraubbaren Linsensätze, auch haben die Doppellinsen einzeln angewandt eine sehr grosse Oeffnung und geben daher ein äusserst helles Gesichtsfeld, allein die Nachtheile, welche sie bieten, sind sehr erhebliche. Wir haben bereits pag. 15 erwähnt, dass die genaue Centrirung der Objectivlinsen zur Erzeugung eines klaren mikroskopischen Bildes unumgänglich nöthig sei, und gerade diese genaue Centrirung wird allmählich nicht mehr möglich sein, da die Schrauben sich durch den Gebrauch nach und nach abnützen. Ausserdem kann es sehr leicht eintreten, dass eine Schraube nicht ganz fest angezogen ist, und hieraus resultirt ein gleicher Uebelstand für das mikroskopische Bild, da alsdann die beiden betreffenden Achromate einen zu grossen Focalabstand von einander einnehmen. — Man hat daher den Linsensatz seit längerer Zeit verlassen und wendet ihn jetzt nur noch bei billigen Instrumenten an. Bei wissenschaftlichen botanischen Untersuchungen wird man nur sehr selten in die Lage kommen, ihn gebrauchen zu müssen. Wir betrachten nun:



3.

B. Das Objectivsystem. Abgesehen von den bereits erwähnten Vortheilen, welche festes Verbinden mehrerer Doppellinsen zu einem System im Gefolge hat, kann durch zweckmässiges Anordnen der Linsen auch eine wesentliche Verbesserung beider Aberrationen [cfr. pag. 4—6] erzielt werden, indem man die gegenseitigen Distanzen der einzelnen Doppellinsen so wählt, dass sich ihre besonderen Aberrationen gegen einander ausgleichen, wie Lister [19]) zuerst gezeigt hat. Ganz aufheben kann man allerdings beide Aberrationen nicht, denn die Schwierigkeiten, sehr kleine achromatische Linsen mit ganz kurzer Brennweite zu construiren, sind ungemein gross; muss doch das Schleifen der stärksten Linsen selbst unter Zuhilfenahme des Mikroskopes geschehen. So sind auch die vortrefflichsten Systeme nicht ganz von diesen Fehlern frei, aber sie sind bei ihnen auf das möglichste Minimum beschränkt.

Wir wollen an diesem Orte vorerst ganz kurz einige allgemeine Verhältnisse erwähnen, von denen die Güte der mikroskopischen Gläser abhängig ist und die wir im Vorigen bereits mehrfach dem Namen nach angeführt haben.

Die Forderungen, welche man an ein gutes Objectivsystem stellen muss, sind hauptsächlich zwei: Ein brauchbares Objectivsystem muss erstens ein Gesichtsfeld von möglichster Grösse und Helligkeit und zweitens ein Bild von möglichster Deutlichkeit geben.

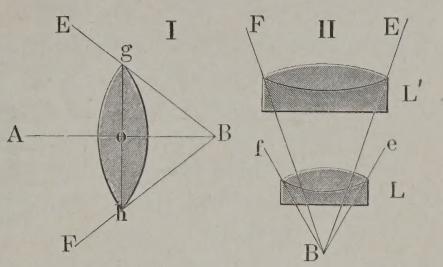
Eine Linse gestattet um so mehr Lichtstrahlen den Durchtritt, je grösser ihre Oberfläche ist, und zwar verhält sich die Menge des durchgelassenen Lichtes zweier Linsen von ungleichem Durchmesser, wie die Quadrate dieser Durchmesser. Eine Linse von n Millimeter Durchmesser wird also ein viermal so helles Gesichtsfeld liefern, als eine solche von $\frac{n}{2}$ Millimeter Durchmesser. Die Grösse der Helligkeit wird gemessen durch den Oeffnungswinkel der Linse. Man erhält denselben, wenn man [Figur 4 I] von zwei diametral gegenüberliegenden Stellen des Linsenrandes $[g, h]$ gerade Linien nach dem Brennpunkte B zieht. Der Winkel EBF ist also im vorliegenden Falle der Oeffnungswinkel; er wird von der Hauptachse der Linse $[AB]$ halbirt. [20]) Bei Linsencombinationen wird der Oeffnungswinkel nicht durch diejenigen

---

[19]) Lister in Philosophical Transactions, 1830, pag. 198 ff.

[20]) Die Hauptachse einer Linse ist diejenige Gerade, welche die Mittelpunkte der sphärischen Begrenzungsflächen der Linse verbindet, also zugleich auch genau durch den Linsenmittelpunkt [o] geht.

Lichtstrahlen bestimmt, welche von einem im Focus B [II] befindlichen leuchtenden Punkte durch die äussersten Randstellen der nächstliegenden Linse [L] hindurchgehen, sondern durch diejenigen, welche durch die ganze Combination [L und L'] hindurchtreten. Der Oeffnungswinkel der in Figur 4 II abgebildeten Combination ist also nicht eBf, sondern EBF.[21] — Aus dem Angeführten folgt, dass man Objectivsysteme, welche ein grosses und helles Gesichtsfeld[22] geben sollen, mit möglichst grossem Oeffnungswinkel construiren müsse; allein es zeigt sich leider in der Praxis, dass dieser ein ganz gewisses Maximum nicht überschreiten darf, wenn bei starken Vergrösserungen das Bild dadurch nicht in anderer Weise äusserst beeinträchtigt werden soll.



4.

Der Oeffnungswinkel ist, wie aus unserer Betrachtung hervorgeht, bei solchen Linsen am grössten, die eine sehr kurze Brennweite haben, also eine in hohem Grade gekrümmte Oberfläche besitzen. Bei diesen aber stellt sich, wenigstens wenn sie eine sphärische[23] Oberfläche haben, der Uebelstand ein, den wir schon mehrfach als die sphärische Abweichung oder die sphärische Aberration bezeichnet haben. Denken wir uns z. B. [Figur 5], vor einer Linse, deren Hauptachse AB ist, befände sich in A ein leuchtender Punkt. Derselbe sendet die Lichtstrahlen Aa, Ab, Ac, Ad auf die obere Linsenhälfte und entsprechend Ab', Ac', Ad' auf ihre untere Hälfte. Von diesen geht der Lichtstrahl Aa, welcher in der Richtung der Hauptachse senkrecht auf die Linsenoberfläche fällt, ungebrochen durch dieselbe hindurch, während Ab und Ab' unter bestimmtem Winkel gebrochen werden

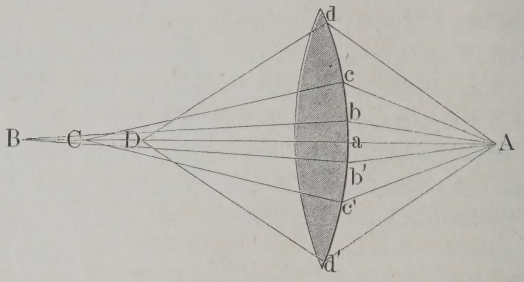
---

[21]) Eine sehr einfache Vorrichtung zum Messen des Oeffnungswinkels mikroskopischer Objectivsysteme ist von Dippel [Das Mikroskop. Braunschweig 1872. Bd. I. pag. 86 f.] angegeben worden.

[22]) Nach Dippel [l. c. pag. 83 ff.] ist von der Grösse des Oeffnungswinkels auch das Auflösungsvermögen [s. u.] des Objectivsystems abhängig, während Harting [l. c. pag. 249 ff.] dieses auf andere Ursachen zurückführt.

[23]) Linsen mit elliptischer oder hyperbolischer Begrenzungsfläche würden von sphärischer Aberration ganz frei sein; ihre Darstellung ist trotz mannigfacher Versuche bis jetzt jedoch noch nicht gelungen.

und ihren Wiedervereinigungspunkt hinter der Linse in B haben. Ebenso werden Ac und Ac' nach erfolgter Brechung in C, und Ad, Ad' in D vereinigt. D. h., je weiter von dem Mittelpunkte der Linse entfernt die Lichtstrahlen durch dieselbe hindurchtreten, desto stärker werden sie gebrochen und in desto kürzerer Entfernung von der Linse



5.

werden ihre Vereinigungspunkte gelegen sein. Wir erhalten also hinter der Linse drei Vereinigungspunkte von Lichtstrahlen des leuchtenden Punktes A, nämlich in B, in C und in D; oder vielmehr, da ja A in Wirklichkeit nicht nur die angenommenen Lichtstrahlen aussendet, sondern unendlich viele, so erhalten wir unendlich viele Vereinigungspunkte derselben, welche alle zwischen B und D gelegen sind. Hierbei wird vorausgesetzt, dass Ab, Ab' möglichst nahe der Hauptachse, Ad und Ad' möglichst nahe dem Rande durch die Linse hindurchgetreten sind. Diese Abweichung der Vereinigungspunkte nennt man die sphärische Aberration; die Entfernung von B bis D heisst die Länge derselben. Halten wir nun an den Punkt B einen durchscheinenden Schirm oder eine mattgeschliffene Glasplatte, so erblicken wir darauf ein Bild von A; allein dasselbe wird durch die von C, D etc. erzeugten Zerstreuungsbilder undeutlich werden, und wir müssten, um diese fortzuschaffen, die auf die Linse fallenden Lichtstrahlen Ad, Ad', Ac, Ac' etc. [die sogenannten Randstrahlen] ausschalten, was sehr leicht durch Abblendung geschehen kann. Zu diesem Behufe bringt man zwischen A und die Linse oder zwischen B und die Linse eine undurchsichtige Scheibe mit mittlerer kreisförmiger Oeffnung und zwar dergestalt, dass nur die Mittelstrahlen Aa, Ab, Ab' von ihr hindurchgelassen werden. Dieses in der That sehr einfache Verfahren zur Ueberwindung der sphärischen Aberration ist aber nur bis zu einem gewissen Grade zulässig, da ja natürlich durch Einschaltung eines solchen Diaphragma der Oeffnungswinkel um Vieles kleiner wird,

sich also in Folge davon das Gesichtsfeld verkleinert und von seiner Helligkeit einbüsst. Es ist deshalb von grosser Bedeutung, dass auch noch auf anderem Wege, nämlich durch eigenthümliche Construction der Linsen selbst, die sphärische Aberration sehr verringert werden kann.

Wenn nämlich eine Linse nicht auf beiden Seiten gleichmässig convex ist, sondern wenn die eine Krümmung geringer ist als die andere, oder wenn die Linse planconvex oder planconcav ist, so verringert man [wenigstens bei mikroskopischen [24]) Objectiven], wie die Erfahrung lehrt, die sphärische Abweichung dadurch, dass man dem Object die am wenigsten gekrümmte, respective die plane oder concave Seite zuwendet [cfr. pag. 5]. Man hat nun die Beobachtung gemacht, dass diejenigen biconvexen Linsen die geringste sphärische Abweichung haben, bei denen die beiden Oberflächen nicht gleichmässig gekrümmt sind, sondern bei welchen der einen Oberflächenkrümmung ein sechsmal grösserer Radius zu Grunde liegt als der anderen. [25]).

Aber auch durch Zusammenfügung einer biconvexen Linse von Crownglas mit einer planconcaven von Flintglas [cfr. pag. 18] lässt sich die sphärische Aberration verringern. Bei einer biconvexen Sammellinse macht sich die sphärische Abweichung dadurch geltend, dass die Randstrahlen ihren Vereinigungspunkt *vor* dem Brennpunkte haben. Bei einer planconcaven Zerstreuungslinse tritt nun freilich eine sphärische Abweichung ganz in ähnlicher Weise ein, jedoch mit dem wesentlichen Unterschiede, dass die Randstrahlen ihren Vereinigungspunkt *hinter* dem Vereinigungspunkte der centralen Strahlen, also hinter dem Brennpunkte haben. Sind nun zwei derartige Linsen zu einem Ganzen vereinigt und dringen Lichtstrahlen durch dieses aus zwei verschieden brechenden Medien bestehende Glas, so wird der Fall eintreten, dass die Zerstreuungslinse die relativen Richtungen der Rand- und Centralstrahlen *umkehrt*. Es können also durch die vereinte Wirkung beider Linsen die Brennpunkte aller Strahlen ziemlich nahe neben einander gebracht werden, nur setzt dies eine ganz bestimmte, hier nicht näher zu erörternde Krümmuug beider Linsen an der Berührungsfläche voraus.

Es giebt aber schliesslich noch ein anderes sehr wirksames Mittel,

---

[24]) Bei teleskopischen Objectiven, deren Object sich in sehr weiter Entfernung befindet, muss gerade umgekehrt die am meisten gekrümmte Linsenseite demselben zugewandt sein.

[25]) Dieses Verhältnis gilt jedoch nur für diejenigen Glassorten, welche den Brechungsindex 1·5 haben.

die sphärische Abweichung beträchtlich zu verringern; dieses besteht darin, dass man mehrere, und zwar drei planconvexe Doppellinsen zu einem System vereinigt [cfr. pag. 20]. Man befolgt hier die Vorschriften Lister's, der eine eigenthümliche Eigenschaft der achromatischen Doppellinsen entdeckte [26]) und auf dieser Entdeckung basirend Vorschriften für die Zusammensetzung derselben gab. Der Abstand der drei Linsen muss ein ganz bestimmter sein; es ist die Kunst des Optikers, durch genaues und geduldiges Probiren schliesslich diesen gegenseitigen Abstand seinem Objectivsystem zu geben. Je kleiner die Achromate sind und je geringer ihr Focalabstand ist, desto schwieriger ist dieses Geschäft, und zumal aus diesem Grunde erklärt sich der scheinbar hohe Preis sehr guter Objectivsysteme. — Der grösste Vortheil, der durch diese Combination dreier Linsen erreicht wird, ist der, dass trotz der zu erzielenden starken Vergrösserung und trotz der Ueberwindung der sphärischen Abweichung der Oeffnungswinkel noch ein grosser ist, das Gesichtsfeld noch grosse Helligkeit zeigt. —

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass durch das Zusammenfügen einer biconvexen Crownglaslinse mit einer planconcaven Flintglaslinse die chromatische Aberration der Lichtstrahlen fast ganz überwunden werden kann. Wir haben bereits auf pag. 5 den Grund dafür angeführt; wir glauben hier auf diese sehr geläufige physikalische Erscheinung nicht näher eingehen zu sollen. [27])

Nur darauf muss hier kurz hingewiesen werden, dass bei der Brechung durch einfache Linsen die violetten Lichtstrahlen ihren Brennpunkt der Linse am nächsten haben [am stärksten convergiren], während der der rothen am weitesten von ihr entfernt ist. Dazwischen liegen die Brennpunkte aller andersfarbigen Lichtstrahlen, natürlich in der Reihenfolge des Spectrums. Eine achromatische Linsencombination ist nun so eingerichtet, dass bei ihr die Abstände der Brennweiten für rothes und violettes Licht ganz gleich werden, also in denselben Punkt fallen. Dadurch sind nun freilich diese beiden Spectralfarben zur Vereinigung gebracht, nicht aber die dazwischen liegenden. Diese werden also, wie leicht einzusehen ist, secundäre Dispersionsbilder geben, welche als Farbensäume verschiedener Töne auftreten, gewöhnlich gelblich oder grünlich sind. Zu ihrer Fortschaffung bedarf

---

[26]) Man sehe Näheres darüber bei Lister a. a. O. und bei Harting l. c. pag. 46 f. und 138 ff.

[27]) Man sehe darüber z. B.: Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, Leipzig 1871, Bd. II. pag. 216—220. — v. Quintus-Icilius, Experimentalphysik, Hannover 1866, pag. 250 ff. — Harting l. c. pag. 37—46.

man nun wiederum der Zusammenstellung mehrerer Doppellinsen, und in der That wird eine Combination, wie sie uns im Objectivsystem vorliegt, dieser Anforderung gerecht; so wie bei demselben die sphärische Aberration möglichst herabgedrückt ist, so ist auch die chromatische grösstentheils überwunden. — Man pflegt jedoch in der neueren Zeit einer Flintglaslinse ein ganz geringes Uebergewicht zu geben, dadurch erreicht man, dass das System das mikroskopische Bild in einer ganz zarten, dem Auge wohlthuenden, blauen Farbennüance zeigt; man nennt eine solche Linse alsdann überverbessert. Zeigt eine Doppellinse im Gegentheil einen rothen Saum [prävalirt die Crownglaslinse], so heisst sie unterverbessert.

Indem man einem Objectivsysteme alle die zweckentsprechenden Einrichtungen angedeihen lässt, die wir soeben besprochen haben, gewinnt man ein solches mit ganz geringer sphärischer wie chromatischer Abweichung, ein Aplanat.

*
* *

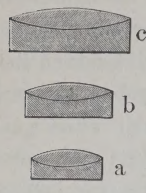
Ausgeführte Systeme. Nachdem wir nunmehr einige optische Eigenthümlichkeiten des Objectivsystemes kennen gelernt haben, wollen wir die verschiedenen Arten desselben betrachten.

Die gewöhnlichen Systeme bestehen aus drei achromatischen Doppellinsen von der Gestalt I Figur 2; dieselben sind so angeordnet, wie es *a*, *b*, *c* Figur 6 zeigt. Es ist nämlich die kleinste, also die stärkste Linse [*a*] dem Objecte [*o*] am nächsten, die grösste, also die schwächste am weitesten von demselben entfernt. Durch eine derartige Zusammenstellung wird einestheils ein grosser Focalabstand des Objectes erzielt, andererseits lässt das so construirte Objectiv eine grosse Oeffnung zu [cfr. pag. 20], giebt also ein recht helles Bild.

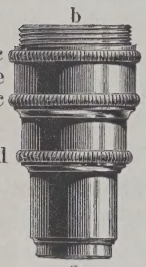
Abweichend hiervon bestehen sehr vollkommene Systeme bisweilen aus einer unteren Linse, die aus drei Theilen, einer planconcaven Flintglaslinse und zwei planconvexen Crownglaslinsen zusammengesetzt ist; die mittlere Linse hat dann die Form von Figur 2 I und die oberste wird gebildet aus einer mittleren biconcaven Flintglaslinse und zwei biconvexen Crownglaslinsen.

Die Fassung eines Objectivsystemes verdeutlicht Figur 7, welche ein mittleres System [Nr. V] aus der Werkstatt von Seibert in natürlicher Grösse darstellt. Die drei planconvexen Doppellinsen befinden sich in der unteren Hälfte *da*, welcher Theil mit der oberen, keine

Gläser tragenden Hälfte *db* abschraubbar verbunden ist, und zwar dicht oberhalb des Randes *d*. Beide Hälften bleiben dauernd fest mit einander verbunden. Bei *b* trägt das System ein Schraubengewinde, vermittels welches es der Mikroskopröhre [*t* Figur 1], die mit der entsprechenden Schraubenmutter versehen ist, angeschraubt wird. Bei dieser Manipulation fasst man es mit Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger der rechten Hand an den beiden Rändern *cc*, die vermöge ihrer Einkerbungen gestatten, es festzuhalten. Auf dem glatten Mittelstück *e* zwischen beiden Rändern findet sich die Nummer des Systems eingravirt. — Beim Anschrauben des Objectivs an der Mikroskopröhre ist darauf zu achten, dass die Schraube *b* fest angezogen ist; sollte dieses nicht der Fall sein, so würde das System einen zu grossen Abstand vom Ocular einnehmen, wodurch — wenigstens bei stärkeren Vergrösserungen — das erzielte Bild an Schönheit leicht einbüssen kann.



6.



7.

Der Gebrauch eines solchen einfachen Systems [einer sogenannten Trockenlinse] ist sehr leicht und ohne Weiteres erklärlich; umständlicher ist die Benutzung zweier anderer Systemconstructionen, die zumal zur Erzeugung starker Vergrösserungen Anwendung finden: das Immersionssystem und das Correctionssystem.

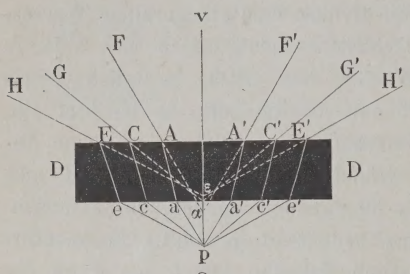
Das Immersionssystem. Zum Verständnis dieser Einrichtung ist es nöthig, schon hier im Voraus darauf hinzuweisen, dass der mit dem Mikroskope zu betrachtende Gegenstand, das botanische Object, unter einem feinen Glasplättchen [dem Deckglase] liegend und von einer Schicht Wasser oder einer anderen Flüssigkeit [Glycerin, ätherische Oele] etc. allseitig umgeben, beobachtet wird. Das Licht also, welches von dem Objecte in den optischen Apparat des Mikroskopes hineintritt, hat auf diesem Wege nach einander die Medien Wasser, Glas, Luft zu durchdringen. Da das Glas und die Luft in ihrem Brechungsvermögen für Lichtstrahlen sehr verschieden sind, und das Licht aus dem dichteren Medium [Glas] in ein viel dünneres [Luft] tritt, so werden hierbei eine Anzahl von Lichtstrahlen so weit abgelenkt werden, dass sie gar nicht in das Objectivsystem hineingelangen, was zur Folge hat, dass das mikroskopische Bild entsprechend dunkler wird. Ferner findet auf

diese Weise eine bedeutende Reflexion der Lichtstrahlen an der untersten, planen Linsenfläche Statt.

Um die beregten Uebelstände abzustellen, hat man seit längerer Zeit — zumal nach Hartnack's Vorgange — bei starken Vergrösserungen eine Einrichtung angewandt, welche darin besteht, zwischen das Deckgläschen und die unterste Objectivlinse eine planparallele Wasserschicht zu bringen, somit die Luftschicht zwischen Object und Objectiv ganz auszuschalten. Da das Wasser dem Glase bezüglich seines Brechungsvermögens viel näher kommt als die Luft, so leuchtet ein, dass nach Einschaltung der Wasserschicht die vorhin besprochene Ablenkung der Lichtstrahlen eine beträchtlich geringere sein wird, also viel mehr derselben in das Objectiv hineintreten und folglich das mikroskopische Bild an Helligkeit ganz bedeutend gewinnt. Es resultirt also aus dieser Einrichtung wesentlich derselbe Effect, als wenn der Oeffnungswinkel des Systemes vergrössert würde. Auch die Reflexion der Lichtstrahlen an der untersten Linsenfläche [und an der Oberfläche des Deckglases] ist auf diese Weise ganz beseitigt.

Ein solches System, dessen unterste Linse gleichsam in Wasser taucht, führt den Namen Wassersystem, Tauchsystem, Immersionssystem, *système à immersion*. Die Zurichtung für die mikroskopische Beobachtung geschieht auf folgende Weise. Man hält das System so, dass die unterste Linse nach oben sieht, hebt alsdann mit einem zarten Glasstäbchen oder mit einem Haarpinsel einen Tropfen ganz reinen, destillirten Wassers aus einem Gefässe und bringt etwas davon auf die Linse. Hier bildet das Tröpfchen eine kleine halbkugelige Erhöhung. Dreht man nun das System um, so bleibt das Wasser vermöge der Adhäsion an demselben haften. Das Objectiv wird an die Mikroskopröhre geschraubt und letztere durch den Trieb [*z* Figur 1] resp. durch freie Bewegung mit der Hand dem Deckgläschen des auf dem Tische [*p*] liegenden Präparats genähert. Haucht man das Deckgläschen jetzt ein wenig an, so vereinigt sich das Wassertröpfchen bei weiterer vorsichtiger Annäherung leicht mit der Oberfläche des Deckgläschens und bildet die gewünschte Wasserschicht. Es kann nun vermittels der Mikrometerschraube [*m* Figur 1] die genaue Einstellung des Objectes besorgt werden. — Man hat vor Allem sein Augenmerk darauf zu richten, dass das zum Immersionstropfen verwandte Wasser keine, auch nicht die kleinsten Luftblasen enthält, da durch diese das mikroskopische Bild verschlechtert würde. Nach dem Gebrauche wird das an der Objectivlinse haftende Wasser vermittels alter, weicher und in destillirtem Wasser gewaschener Leinwand abgewischt.

Das Correctionssystem. Nehmen wir an, ein auf dem Mikroskoptische liegendes Präparat p [Figur 8], welches unter einem Deckglase DD [stark vergrösserter Querschnitt desselben] befindlich ist, sende die von dem Beleuchtungsspiegel empfangenen Lichtstrahlen pv, pa, pc, pe....., pa', pc', pe'..... nach oben zum Objectiv. Die Strahlen treffen das Deckglas an seiner unteren Fläche und diejenigen, welche schief auf dasselbe fallen, pflanzen sich nicht in ihrer bisherigen Richtung in ihm fort, sondern sie werden an der Grenzfläche zwischen Wasser und Glas gebrochen und erhalten innerhalb des Glases die Richtungen aA, cC, eE....., $a'A'$, $c'C'$, $e'E'$.....; ferner erlangen sie an der oberen Grenzfläche des Deckglases, bei ihrem Austritt aus demselben und ihrem Eintritt in die Luft [resp. in das Wasser bei Anwendung eines Immersionssystemes] nach nochmaliger Brechung die Richtungen AF, CG, EH....., $A'F'$, $C'G'$, $E'H'$..... — Die Lichtstrahlen werden also um so mehr abgelenkt, unter je geringerem Winkel sie [von p ausgehend] die untere Fläche des Glasplättchens treffen. Construiren wir die Vereinigungspunkte der zweimal gebrochenen Lichtstrahlen, so erhalten wir dieselben als α ..... ε, d. h. als eine in der Normalen pv befindliche Reihe über einander liegender Punkte, von denen jeder das Bild des als leuchtenden Punkt gedachten Präparates p darstellt. Die Entfernung $\alpha\varepsilon$ wird desto kleiner sein, je geringer die Dicke von DD ist, und desto grösser, je mehr diese zunimmt. Es resultirt hier also ein Phänomen, das demjenigen vollständig ähnlich ist, welches wir bei den Linsen [pag. 21 f.] als sphärische Aberration kennen gelernt haben. Es muss daher durch Anwendung eines Deckglases eine ähnliche Undeutlichkeit des mikroskopischen Bildes entstehen, als wenn man zu seiner Erzeugung ein Objectivsystem angewandt hätte, welches auf die sphärische Aberration nicht verbessert ist.[28])



8.

Es ist uns von früher her [pag. 23] bereits bekannt, dass man dem Uebelstande der sphärischen Abweichung durch eine gewisse gegenseitige Stellung der drei Objectivlinsen abhelfen kann; es ist also wohl

[28]) Näheres H. v. Mohl l. c. pag. 157 ff. — Harting l. c. pag. 146—149.

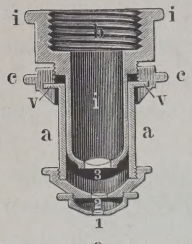
auch ohne Weiteres klar, dass der Optiker den soeben besprochenen, schädlichen Einfluss des Deckglases eliminiren kann, wenn man stets ein Deckglas von derselben Dicke anwendete, und wenn dieses Normal-Deckglas bei der Verbesserung des Objectivs auf sphärische Aberration vom Optiker in Betracht gezogen würde. In der Neuzeit geschicht dieses denn in der That auch fast immer, und die Systeme für mittlere Vergrösserungen sind gewöhnlich so verbessert, dass sich ein möglichst deutliches Bild bei Anwendung eines Deckglases von 0·1—0·2 mm Dicke ergiebt.

Für stärker vergrössernde Systeme, zumal für starke Immersionssysteme, bei denen der bildverzerrende Einfluss des Deckglases immer erheblicher wird, hat man nach dem Vorgange von Ross [29]) jetzt allgemein eine Einrichtung getroffen, welche gestattet, durch beliebige Veränderung der Linsenabstände den Einfluss des Deckglases zu vernichten und dadurch diese Systeme für jede Deckglasdicke aplanatisch zu machen. Man nennt sie Verbesserungssysteme, Correctionssysteme, Systeme mit Correctionsvorrichtung für Deckglasdicke.

Ross gab seinem Correctionssysteme eine Construction, vermittels welcher durch eine feine Schraubenvorrichtung der Abstand der beiden oberen Doppellinsen [die zusammen ein Ganzes bildeten] gegen die untere Linse beliebig verändert werden konnte. Später hat Hartnack die Vorrichtung dahin modificirt, dass die beiden unteren, fest mit einander verbundenen Linsen gegen die obere, an der Mikroskopröhre fixirten Linse beweglich sind. Schliesslich haben mehrere, zumal deutsche Firmen die Hartnack'sche Correctionsvorrichtung noch dahin abgeändert, dass beide unteren, fest verbundenen Linsen an der Mikroskopröhre fixirt werden, und die obere, die in eine innere, bewegliche Hülse gefasst ist, sich gegen beide verstellen lässt. Die beiden letzten Constructionen unterscheiden sich, was der durch sie erzeugte Effect anbelangt, gar nicht, die Unterschiede zwischen Hartnack's und Ross' Correctionssystemen sind untergeordneter Natur. — In Figur 9 ist der etwas schematisirte Längsschnitt durch ein Hartnack'sches Correctionssystem dargestellt, welcher uns das Charakteristische der Einrichtung

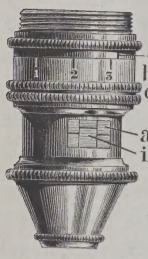
[29]) Ross fand den Einfluss des Deckgläschens 1837 und suchte ihn sofort durch die Schraubencorrection am Systeme zu beseitigen [Harting l. c. pag. 747]. Schon früher [1829] hatte Amici dieselbe Entdeckung gemacht, construirte jedoch keine Correctionssysteme, sondern gab seinen Mikroskopen mehrere je äquivalente Systeme bei, die für verschiedene Deckglasdicken bestimmt waren [Harting l. c. pag. 148, 720].

vorführt. Der vermittels des Schraubengewindes *b* an die Mikroskopröhre schraubbare innere Cylinder *i* trägt bei *3* die oberste, feste Linse. Die beiden unteren Linsen *1* und *2* sind dem äusseren Cylinder *a* angeschraubt, in welchen die innere Hülse *i* genau passt. Bei *c* befindet sich ein Ring, der an *i* durch ein Schraubengewinde hinauf und hinab bewegt werden kann, dieser Ring trägt in einer inneren Nute [*v*] den Cylinder *a*; schraubt man ihn höher, so wird also auch *a* mit den Linsen *1* und *2* in die Höhe gehoben, ohne jedoch selbst die rotirende Bewegung des Ringes um die Objectivlängsachse mitzumachen.



9.

Ueber die Manipulation der Verbesserung vor der mikroskopischen Beobachtung sei Folgendes gesagt. Das System [Figur 10; stellt das Immersionssystem Nr. VII von Seibert in natürlicher Grösse dar] besitzt einen drehbaren Rand *c* [entsprechend *c* Figur 9], der auf seiner oberen glatten Hälfte [*b*] in zehn Theile [*1*, *2*, *3*] getheilt ist, welche Theilung auf ein Merkzeichen *e* einspielt. Wenn man den Ring *c* einmal um sich selbst dreht, so hat man die obere Linse um die Höhe eines Schraubenumganges von den unteren Linsen entfernt, resp. umgekehrt ihnen genähert. Das Intervall zweier Theilstriche entspricht 0·1 dieser Distanzveränderung. Um nun controlliren zu können, ob man die obere Linse von einer gewissen Mittelstellung im aufsteigenden oder absteigenden Sinne bewegt hat, dient die Vorrichtung *a i*. Es ist ein kleiner Ausschnitt im äusseren Cylinder [*a*], der so tief einschneidet, dass ein Stückchen des inneren Cylinders [*i*] sichtbar wird. *a* wie *i* sind mit einem wagerechten Strich versehen: stehen die Striche [was in der Abbildung nicht der Fall] in derselben Höhe, so befindet sich die obere Linse zu den unteren in der Normalstellung. Nimmt der mittlere Strich eine höhere Stellung ein als der an *a*, so ist dieselbe weiter von den unteren entfernt und umgekehrt. Nachdem die Linsen in Normalstellung gebracht sind, so dass das Merkzeichen *e* mit *0* der Ringtheilung genau zusammenfällt, befestigt man das System am Mikroskop, stellt das Object grob und fein ein und dreht nun den Ring versuchsweise nach der einen und der anderen Richtung, bis man das Bild ganz scharf sieht. Ist dieses erreicht, so merkt man sich die Richtung und Grösse der ausgeführten Correctionsbewegung. Notirt man z. B. + 1·2, so heisst



10.

das, dass man die oberste Linse um $1\frac{1}{5}$ Drehung nach oben bewegt hat; danach ist — 0·75 leicht verständlich. Beobachtete man ein Object, welches für spätere Zeiten aufbewahrt wird, so notirt man sich diesen Werth auf demselben [also hier „VII + 1·2“ oder „VII — 0·75“]; man erreicht dadurch den Vortheil, dass man das nächste Mal bei der Beobachtung die Correctionsgrösse nicht von neuem durch zeitraubendes Probiren aufzufinden braucht, sondern gleich von vorn herein das System für das betreffende Präparat „stellen“ kann. Dieses ist zumal für ganz starke Vergrösserungen sehr angenehm, da bei ihnen die Vornahme einer sehr genauen Correction eine nicht immer in gleichem Masse glückende Manipulation ist. Andererseits werden die Correctionsvorrichtungen dadurch geschont, wie es denn überhaupt wünschenswerth ist, an denselben möglichst wenig zu drehen. —

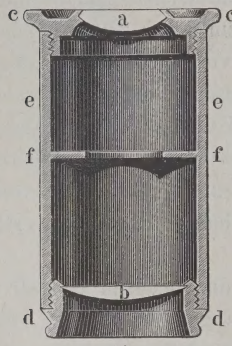
Einige Angaben über die Vergrösserungen der neueren Objectivsysteme sollen erst nach Betrachtung des Oculars gegeben werden, da sie ja immerhin durch letzteres etwas modificirt werden.

2. Das Ocular.

Auf pag. 15 haben wir bereits erfahren, dass das Ocular [*c* Figur 1] aus zwei Gläsern besteht, von denen das obere, in der Nähe des Auges befindliche, der eigentliche Bildbetrachter ist und im engeren Sinne Ocularglas genannt werden sollte, während das untere, früher als Collectivlinse bezeichnet, nur uneigentlich als ein Theil des Betrachters oder Oculars angesehen werden kann, vielmehr mit demselben Rechte als ein Theil des Objectives aufgefasst werden dürfte. Da sie aber immer einen fest verbundenen Mikroskoptheil darstellen, so ist es allmählich üblich geworden, die beiden Gläser zusammen als das Ocular zu bezeichnen.

Zur Orientirung über die Einrichtung des Oculars diene Figur 11, welche den etwas schematischen Längsschnitt durch ein solches von Hartnack darstellt. — In eine cylindrische, genau in die Mikroskopröhre [*t* Figur 1] hineinpassende Messinghülse lassen sich am oberen [*c*] und am unteren [*d*] Ende zwei Ansatzstücke anschrauben, von denen das erstere bei *a* die Ocularlinse trägt, letzteres bei *b* die Collectivlinse. Innerhalb von *e* findet sich, etwa in gleichem Abstande von *a* und *b* entfernt, die Blende *f*, welche dazu bestimmt ist, die in der Randgegend von *b* durchtretenden, für die Schönheit des Bildes schädlichen Lichtstrahlen abzuschneiden. Beide Linsen besitzen eine planconvexe

Gestalt, und zwar ist die Krümmung beider nach unten gerichtet. Diese Einrichtung, die Linsenkrümmung nach unten zu verlegen, ist nämlich von wesentlichem Einfluss für die Grösse des Gesichtsfeldes und die Schärfe des Bildes. Würde man z. B. das Ocularglas umgekehrt, mit der Krümmung nach oben, anwenden, so würde man die Bemerkung machen können, dass in diesem Falle das Gesichtsfeld nicht unbeträchtlich kleiner erscheint, und dass sich das Bild weniger scharf und weniger eben darstellt.

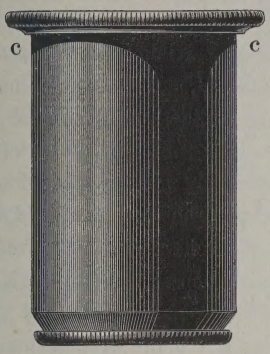


11.

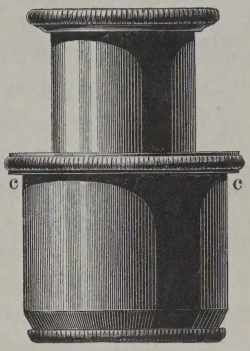
Das Ocular wird in die Mikroskopröhre eingesetzt. Wir wissen bereits, dass es für die Nettigkeit des mikroskopischen Bildes von Bedeutung ist, dass die Linsen des Objectivsystems genau centrirt seien [cfr. pag. 15]. Von fast derselben Wichtigkeit ist es auch, dass die Ocularlinsen mit den Objectivlinsen centrirt sind, das heisst, dass eine gerade Linie, welche man sich durch die Mittelpunkte der Objectivlinsen gezogen denkt, in ihrer Verlängerung auch die Mittelpunkte der Ocularlinsen trifft. Dieses setzt eine genaue Arbeit voraus. Man giebt dem Ocular entweder die Gestalt eines einfachen Cylinders [Figur 12] oder in neuerer Zeit auch wohl eine Form, wie sie Figur 13 darstellt. Erstere Form findet sich beispielsweise bei den Instrumenten von Hartnack, Merz, Nachet, letztere bei denen von Gundlach und Seibert. Der in die Mikroskopröhre zu senkende Theil muss genau cylinderförmig abgedreht sein, ebenso die Innenfläche des Tubus, so dass das Ocular beim Aufsetzen ganz allmählich und sanft in denselben hinabgleitet. Es würde von Nachtheil für das mikroskopische Bild und ein Zeichen ungenauer Arbeit sein, wenn das Ocular beim Hin- und Herschwenken des Tubus in demselben schlottert. — Beim Aufsetzen des Oculars habe man Acht darauf, dass dasselbe bis *cc* Figur 12 und 13 in der Röhre hinabsinkt, der Abstand des Oculars von dem Objectivsystem ist nämlich ein bestimmter und [abgesehen von den später unter dem Capitel „Mikroskopröhre“ zu besprechenden Fällen] nicht beliebig zu ändern.

Denn das Ocular erhält einen so grossen Abstand vom Objectiv, dass das von diesem erzeugte Luftbild oberhalb der Collectivlinse erscheinen würde, mit anderen Worten, die Sammellinse befindet sich unterhalb der Vereinigungsstelle der vom Objectiv gebrochenen Strahlenkegel des Objects.

Nehmen wir an, es seien aA, bB, cC, dD, eE, $b'B'$, $c'C'$, $d'D'$, $e'E'$ die von dem Objectiv gebrochenen Lichtkegel des zu vergrössernden Gegenstandes, und es würde sich sein Bild in EE' darstellen von der in Figur 14 gezeichneten Ausdehnung. Schalten wir



12.

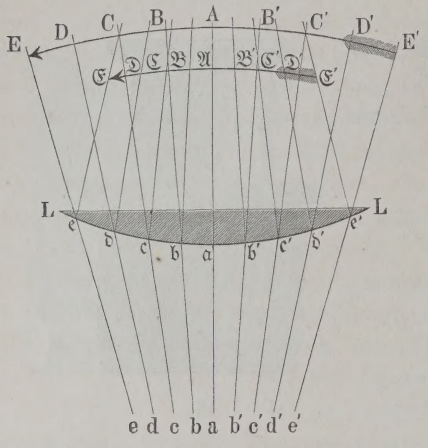


13.

nun unterhalb dieses Bildes die Collectivlinse LL [entsprechend b Figur 11] ein, so werden die in $\mathfrak{b}\ \mathfrak{c}\ \mathfrak{d}\ \mathfrak{e}\ \mathfrak{b}'\ \mathfrak{c}'\ \mathfrak{d}'\ \mathfrak{e}'$ auf sie fallenden Strahlen derartig nach der Achse aA zu gebrochen werden, dass sie die Richtungen $\mathfrak{b}\mathfrak{B}$, $\mathfrak{c}\mathfrak{C}$, $\mathfrak{d}\mathfrak{D}$, $\mathfrak{e}\mathfrak{E}$, $\mathfrak{b}'\mathfrak{B}'$, $\mathfrak{c}'\mathfrak{C}'$, $\mathfrak{d}'\mathfrak{D}'$, $\mathfrak{e}'\mathfrak{E}'$ annehmen. Es wird das früher divergirende Strahlenbündel in ein convergirendes verwandelt; das durch die Collectivlinse modificirte Luftbild wird also $\mathfrak{E}\mathfrak{E}'$ sein. Ein Blick auf unsere Abbildung lehrt, dass durch die Wirkung der Collectivlinse eine wesentliche Verkleinerung des Bildes eintritt. Hieraus folgt, dass durch das Collectiv das Bild zwar an Ausdehnung verliert, allein diese Eigenthümlichkeit wird dadurch zum entschiedenen Vortheil, dass man jetzt — *ceteris paribus* — einen viel grösseren Theil des Bildes übersehen kann, als beim nicht convergirend gebrochenen. Ebenso ist es klar, dass durch die Einschaltung der Sammellinse die Helligkeit des Bildes beträchtlich zunehmen muss, denn die gleiche Anzahl Lichtstrahlen, welche früher auf den Raum EE' vertheilt waren, sind jetzt auf die Fläche $\mathfrak{E}\mathfrak{E}'$ concentrirt. Endlich wird auf diese Weise auch die Verzerrung des Bildes [die Differenz der Vergrösserung zwischen Rand- und Mittelpartien] beseitigt. Hierbei wirkt aber auch die früher erwähnte Blende [f Figur 11] in gewissem Masse mit, indem durch sie die am meisten verzerrenden Randstrahlen schon von vorn herein abgeschnitten werden.

Die Wirkung des eigentlichen Ocularglases [a Figur 11] ist die

einer Lupe; durch dasselbe wird das zu betrachtende Bild $\mathfrak{E}\,\mathfrak{E}'$ in bekannter Weise vergrössert. Es braucht wohl nicht weiter ausgeführt zu werden, dass das Ocular sich so weit über $\mathfrak{E}\,\mathfrak{E}'$ befinden muss, dass dieses in seinen Brennpunkt fällt.



14.

Nicht unerwähnt darf bleiben, dass die Combination von Collectiv und Ocular im Verein mit dem Objectiv einen nicht geringen Einfluss auf die Verbesserung sowohl der sphärischen wie der chromatischen Aberration ausübt. Man wählt sie so, dass das Objectiv auf beide Aberrationen etwas überverbessert, das Ocular hingegen etwas unterverbessert ist.

Das Ocular besitzt bei den meisten Mikroskopen die Einrichtung, welche wir soeben beschrieben haben. Es heisst dann das Campani'sche oder das Huygens'sche Ocular [Negativocular]. In neuerer Zeit ändert man dasselbe jedoch häufig dahin ab, dass die Collectivlinse aus einer convex-concaven Flintglaslinse und einer biconvexen Crownglaslinse gefertigt wird, welche — durch Canadabalsam fest mit einander verbunden — eine achromatische, biconvexe Doppellinse ergeben. Diese Modification des Huygens'schen Oculars wurde zuerst von Kellner ausgeführt; man nennt ein solches verbessertes Ocular orthoskopisch. — Aehnlich sind die aplanatischen Oculare Plössl's, welche aus zwei planconvexen, achromatischen Linsen bestehen, die übrigens in der in Figur 11 dargestellten Weise combinirt sind.

Eine viel seltenere Verwendung findet das Ramsden'sche oder positive Ocular. Die Linsen haben die Gestalt wie in Figur 11, die Collectivlinse ist aber umgekehrt befestigt, kehrt also die plane Seite dem Objectiv zu, während ihr Abstand vom Ocularglase viel geringer ist, als bei der Huygens'schen Construction. — Das Positivocular wird nämlich bei feinen mikrometrischen Messungen benützt [s. d.], jedoch ist auch hier seine Anwendung nicht absolut nöthig. Für die eigentliche Beobachtung wird das Positivocular nur selten gebraucht.

3. Vergrösserungsvermögen moderner Mikroskope.

Das optische Vermögen eines Mikroskopes ist von den verschiedensten Factoren abhängig. Ein Mikroskop, welches modernen Ansprüchen genügen soll, muss ein grosses, ebenes und helles Gesichtsfeld liefern, bei dem die Vergrösserung in der Randgegend wesentlich dieselbe ist, als an den Mittelstellen; das erzeugte Bild muss an seinen Rändern vollständig deutlich sein; feine Structurverhältnisse des Objectes müssen scharf hervortreten und die Vergrösserungskraft des Instrumentes darf nicht zu geringe sein. Die Helligkeit und Grösse des Gesichtsfeldes hängen hauptsächlich vom Oeffnungswinkel des Objectivs und von der zweckmässigen Stellung der Collectivlinse ab, während die Schärfe des Bildes, seine Farblosigkeit durch die Ausschaltung der sphärischen und chromatischen Aberration hervorgebracht werden — also durch Verhältnisse bedingt sind, die uns bereits bekannt wurden.

Unter der Bezeichnung Auflösungsvermögen oder auflösende Kraft versteht man die Eigenschaft des Objectivs, feine Structurverhältnisse eines Objects zur Anschauung zu bringen; je mehr und je feinere derartige Verhältnisse von einem System aufgedeckt werden, desto grösser ist sein Auflösungsvermögen.

Unabhängig von dieser Eigenschaft ist die Vergrösserungskraft des Mikroskopes, d. h. die Fähigkeit, das Bild eines Gegenstandes zu erzeugen, welches ihn um ein Vielfaches an Ausdehnung übertrifft. Man spricht bei Mikroskopvergrösserungen nur von Linearvergrösserungen; man drückt ihre Höhe nicht dadurch aus, dass man angiebt, wievielmal ein Object bezüglich seines körperlichen Inhaltes vergrössert ist, sondern durch Angabe der Vergrösserung in einer Dimension des Raumes. Es giebt verschiedene Vorrichtungen und Methoden, die Vergrösserungen eines Mikroskops zu bestimmen; allen liegt das Princip zu Grunde, einen sehr feinen Massstab [z. B. ein in 100 Theile getheiltes Millimeter], der sich auf einer Glasplatte befindet, unter dem Mikroskope zu betrachten, die beobachtete Grösse des Abstandes zweier oder mehrerer Theilstriche in Millimetern zu bestimmen, um dann durch einfache Division die Höhe der Vergrösserung zu finden. Da bei den neueren Instrumenten bereits vom Optiker die Vergrösserungen sehr genau bestimmt zu werden pflegen und eine dem Mikroskop beigegebene Tabelle dieselben ausweist, so ist die Bestimmung der Vergrösserung eine Manipulation, welche seltener an den Mikro-

skopiker herantritt, weshalb bezüglich derselben auf umfangreichere Werke verwiesen werden muss. [30]) —

Die Vergrösserung wird hervorgebracht zum grösseren Theile durch das Objectiv, zum kleineren durch das Ocular. Jedes Objectivsystem lässt durch Anwendung verschieden starker Oculare verschiedene Vergrösserungen zu, da ja durch das Ocularglas das durch das Objectiv erzeugte Luftbild vergrössert wird und stark gekrümmte Oculargläser natürlich eine stärkere Vergrösserung hervorzurufen im Stande sind als schwach gekrümmte.

Um zu zeigen, in welchem Verhältnisse diese verschiedenen Gläser etwa stehen, wollen wir hier beispielsweise die Vergrösserungen anführen, welche die Hartnack'schen Oculare 1—6 mit seinen Objectivsystemen Nr. 2, 4, 5, 7, 10 geben. [Es ist wohl selbstverständlich und braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, dass diese Vergrösserungen nur für die Instrumente Hartnack's gelten]:

Objective	Oculare					
	1	2	3	4	5	6
Nr. 2	25	30	45	—	—	—
„ 4	60	70	90	140	—	—
„ 5	100	125	160	240	—	—
„ 7	200	240	300	450	600	750
„ 10	520	600	750	1100	1500	1800

Es ist nun nicht gleichgiltig, auf welche Weise die Oculare mit den Objectiven combinirt werden, sondern der Schwerpunkt muss stets in das Objectiv verlegt werden. Zur Erzeugung einer gegebenen Vergrösserung combinirt man möglichst starke Objective mit möglichst schwachen Ocularen. Denn die auflösende Kraft, die Détailzeichnung des Bildes sind allein Eigenschaften des Objectivs; das Ocular kann freilich das vom Objectiv erzeugte Bild wohl mehr oder weniger vergrössern, und zwar natürlich auf Kosten seiner Helligkeit, es wird aber nie auch nur den

---

[30]) Man vergleiche Harting l. c. pag. 131, pag. 244 ff.; Harting, Recherches micrométriques. — H. v. Mohl l. c. pag. 215 ff. — Jacquin in Zeitschr. f. Physik u. Mathematik. 1828 [IV], pag. 1. — Ettinghausen ibid. 1829 [V], pag. 316 ff. — Pohl in Berichte d. k. k. Acad. d. Wiss. Wien. XI. pag. 504 ff. — Dippel l. c. pag. 92—100, etc.

geringsten Einfluss auf die Verbesserung, auf die Auflösung feiner Structurverhältnisse des Bildes haben. — Angenommen, wir wollten nach der soeben angeführten Tabelle eine Vergrösserung von 240 hervorbringen, so werden wir nicht Objectiv 5 mit Ocular 4 combiniren, sondern Objectiv 7 mit Ocular 2. Ebenso bei einer Vergrösserung von 600 nicht Objectiv 7 mit Ocular 5, sondern Objectiv 10 mit Ocular 2 oder bei Vergrösserung 750 nicht Objectiv 7 und Ocular 6, sondern Objectiv 10 und Ocular 3.

Die heute von guten Mikroskopen erzielte Höhe der Linearvergrösserung ist eine beträchtliche, zumal die der Immersionssysteme ist denjenigen gegenüber, welche man früher durch Trockenlinsen erzeugen konnte, eine gewaltige zu nennen. Um davon einen Begriff zu geben, mögen hier die Objectivvergrösserungen einiger der besten optischen Werkstätten angeführt werden. Es sind überall diejenigen Linearvergrösserungen gegeben worden, welche mit dem von der Firma gelieferten, schwächsten Ocular hervorgebracht werden; ein * vor der betreffenden Zahl bedeutet, dass die Vergrösserung mit einem Immersionssystem erzeugt wurde, die übrigen sind solche mit Trockensystemen:

1) Nachet. Vergrösserungen seiner Objective Nr. 0—12 mit Ocular Nr. 1:

30 — 89 — 180 — 260 — 300 — 350 — *460 — *580 — *775 — *900 — *1150 — *1320 — *1700.

2) Hartnack. Vergrösserungen seiner „neuen Linsensysteme mit grossem Oeffnungswinkel“ Nr. 1—18 [Nr. 9 doppelt, sowohl Trockenlinse als Immersionssystem] mit Ocular Nr. 1:

15 — 25 — 50 — 60 — 100 — 150 — 200 — 250 — 350 — *410 — *520 — *600 — *710 — *820 — *930 — *1040 — *1200 — *1400 — *1560.

3) Seibert. Vergrösserungen seiner Objectivsysteme Nr. 00, 0 und I—X mit Ocular Nr. 0:

10 — 18 — 30 — 45 — 66 — 100 — 200 — 305 — *460 — *650 — *950 — *1450.

4) Schieck. Vergrösserung seiner Objectivsysteme Nr. 1—15 mit Ocular Nr. 0:

20 — 40 — 70 — 90 — 150 — 200 — 275 — 400 — 450 — *500 — *600 — *750 — *850 — *930 — *1100 — *1400.

5) Zeiss. Vergrösserungen seiner Systeme *a*, *aa*, *A*, *AA*, *B*, *BB*, *C*, *CC*, *D*, *DD*, *E*, *F*, *1*, *2*, *3* mit Ocular Nr. 1:

5 — 18 — 45 — 70 — 110 — 180 — *220 — 240 — 380 — *400 — *680.

6) Winkel. Vergrösserungen seiner Objectivsysteme Nr. 1—11 mit Ocular Nr. 1:

25 — 54 — 74 — 102 — 184 — 222 — 275 — 366 — 458 — 500 — 584.

Im Anschluss hieran folgen noch die stärksten Ocularvergrösserungen der obigen sechs Firmen:

Schieck: System 15 mit Ocular 5 = *6500
Hartnack: System 18 mit Ocular 6 = *5400
Nachet: System 12 mit Ocular 4 = *4500
Seibert: System X mit Ocular III = *4400
Zeiss: Imm.-Syst. 3 mit Ocular 5 = *2300
Winkel: System 11 mit Ocular 6 = 1600.

Es ist eine weit verbreitete Meinung, ein Mikroskop sei desto besser, je stärker es vergrössert. Dieses ist jedoch nur unter gewissen Bedingungen der Fall. Ein Mikroskop, welches sehr stark vergrössert, dabei aber schlechte, undeutliche und lichtschwache Bilder giebt, ist bei weitem weniger empfehlenswerth als ein solches, welches nur schwach vergrössert, aber sehr klare und scharfe Bilder liefert. Man kann sogar im Gegentheil sagen, dass dasjenige Instrument relativ das beste sei, welches bei verhältnismässig niedrigen Vergrösserungen schon Einzelheiten zeigt, die bei schlechteren Instrumenten erst nach Anwendung starker Vergrösserungen hervortreten.

Bei der Beurtheilung eines Mikroskopes hat man daher in erster Linie die Fähigkeit desselben, scharfe und klare Bilder, die alle Einzelheiten, alle feinen Structurverhältnisse deutlich zeigen, also sein Begrenzungsvermögen und sein Auflösungsvermögen zu prüfen, und erst in zweiter Linie sein Augenmerk zu richten auf die numerische Höhe der erzeugten Vergrösserung. Wir wollen daher im Folgenden einige ganz einfache Methoden ausführen, vermittels welcher man Auflösungs- und Begrenzungsvermögen eines Mikroskopes mit genügender Sicherheit beurtheilen kann.

4. Prüfung des optischen Vermögens.

Die Prüfung des Begrenzungs- und Auflösungsvermögens des Mikroskopes geschieht am zweckmässigsten durch sogenannte Probeobjecte oder Testobjecte. Es sind kleine Theilchen von Thieren

oder Pflanzen oder auch ganze, sehr kleine Organismen, welche auf eine gewisse Weise präparirt sind. Man betrachtet sie mit einer vorher zu bestimmenden Vergrösserung, die vorwiegend durch das Objectivsystem erzeugt wurde; es wird untersucht, ob man mit demselben das Bild in einem Zustande erblickt, wie ihn ein notorisch gutes Mikroskop erzeugt und wie er dem Prüfenden in einer sehr deutlichen Abbildung oder in einer genauen Beschreibung zur Vergleichung zugänglich ist. Erkennt man dann alle diejenigen Einzelheiten, welche die Controll-Abbildung resp. -Beschreibung bei der gleichen Vergrösserung ausweist, so ist das ein Zeichen für die Güte des Mikroskops; sind aber die Begrenzungen der Contouren, die feineren Structurverhältnisse undeutlicher als in der Abbildung oder sind sie überhaupt nicht sichtbar, so darf daraus gefolgert werden, dass das Instrument modernen Ansprüchen nicht vollständig genügt.

Da die Prüfung der optischen Güte immer das Erste sein sollte, was man mit einem neu zu erwerbenden Instrumente vornimmt, so pflegt die optische Werkstatt schon bei der Lieferung desselben einige Probeobjecte beizulegen, mit denen die Prüfung geschehen kann.

Die Prüfung, zumal mit schwieriger zu lösenden Objecten, geschehe an einem nicht zu dunkeln Tage, an welchem der Himmel mit einem transparenten Wolkenschleier gleichmässig bedeckt ist; jedenfalls nicht an einem solchen, wo am Himmel zahlreiche, graue, rasch vorüberziehende Wolken stehen und die Beleuchtung daher immerfort wechselt. Das Mikroskop möge dicht vor einem geöffneten, nach Norden oder Osten gelegenen Fenster aufgestellt werden. Die Beleuchtung des Objectes durch den Spiegel sei eine centrale; schief durchfallendes Licht [s. u.] ist in fast allen Fällen unstatthaft. Die Grösse der in den Tisch einzufügenden Blende richtet sich nach der Stärke des betreffenden Objectivsystemes. Für Brillentragende ist es empfehlenswerth, die Brille bei Betrachtung des Probeobjectes abzulegen, da ein nur geringer Ueberzug von fettigem Schmutz, wie er durch die Bewegung der Augenwimpern so leicht auf dem Brillenglase erzeugt wird, die Ursache ist, dass man das mikroskopische Bild minder deutlich und scharf sieht. Wohl selbstverständlich ist es, dass Objectiv- und Ocularlinsen sowie auch die Gläser des Probeobjectes vollkommen rein sein müssen.

Wir besprechen zunächst diejenigen Testobjecte, welche zur Prüfung des Begrenzungsvermögens dienen, darauf diejenigen für die Prüfung des Auflösungsvermögens.

A. Prüfung des Begrenzungsvermögens. Alle hier verwandten Präparate müssen bei denjenigen Vergrösserungen, bei welchen sie in Anwendung kommen sollen, ganz deutliche, scharfe, zarte und farblose Contouren zeigen. Probeobjecte, welche ausschliesslich zur Prüfung des Begrenzungsvermögens dienen sollen, wendet man nur für schwache und mittlere Objectivsysteme an, während bei den stärksten Vergrösserungen die Probeobjecte für das Auflösungsvermögen zugleich auch den Prüfstein für das Begrenzungsvermögen abgeben. Die wichtigsten Testobjecte für das Begrenzungsvermögen sind folgende:

1) Kalkkörperchen von *Synapta.* Die zu der Gruppe der Echinodermen gehörende Abtheilung der Holothurien oder Seewalzen enthält Thiere von meist cylindrischer Gestalt, deren Körper mit einer lederartigen Haut bedeckt ist. In letztere sind gewöhnlich ungemein viele, mikroskopisch kleine, vollständig farblose, seltener etwas gefärbte Kalkkörperchen eingelagert. Eine äusserst zierliche Bildung besitzen diese Kalkkörperchen bei der Gattung *Synapta*, von welcher Vertreter schon im Mittelmeere gefunden werden, deren zahlreichste Arten aber in den warmen Meeren Polynesiens und um Südasien vorkommen. Die Körperhaut dieser wurmartig-gestreckten Thiere ist ziemlich dünn, in dieselbe sind rechteckige, oder rundliche, durchlöcherte Kalkplättchen [Tafel I Figur 1 b] eingewachsen, in welchen ankerförmige Häkchen [Tafel I Figur 1 a] festgeheftet sind.[31]) Die abgebildeten Kalkanker haben eine Länge von 0·97—0·98 mm, sind glashell und vollkommen durchsichtig; das Ende ihres Stieles ist kurz zweischenklig und wenig warzig-rauh, die Ankerhaken sind bogig gekrümmt, am Ende stumpf abgerundet. Die rechteckigen Plättchen werden bis zu 0·8 mm lang und tragen 34 bis 40 grössere und kleinere Durchlöcherungen; die grösseren finden sich in der Mitte, die kleineren am oberen und unteren Ende.[32])

Die *Synapta*anker eignen sich nur zur Prüfung des Auflösungsvermögens ganz schwacher Objectivsysteme [Vergrösserung 10—50]. Sie müssen bei diesen Vergrösserungen Contouren zeigen, die durch eine dicke, schwarze Linie scharf begrenzt sind. Bei den durchlöcherten Kalkplättchen ist diese Contour, entsprechend ihrer geringeren Dicke, zarter als bei den Ankern. Schlechte Gläser zeigen eine undeutlich begrenzte, am

[31]) Zu Probeobjecten eignen sich die Kalkkörperchen von *Synapta inhaerens, glabra, Godefroyi, recta, similis, molesta, Kefersteinii, Besselii, digitata* und anderen Arten.

[32]) Doch giebt es auch Arten [z. B. *S. inhaerens*], bei denen die Kalkplättchen wenige, grosse Durchlöcherungen mit gezähnten Rändern besitzen.

Rande in einem zarten Nebel übergehende Contour. Nicht achromatische Linsen erzeugen in der Nähe der Ränder mannigfache Farbensäume. — Die auf Tafel I dargestellte Abbildung 1 ist bei einer 30fachen Vergrösserung angefertigt worden. Die Probeobjecte von *Synapta* werden nachdem sie in Canadabalsam eingeschlossen sind [s. unten], zur Untersuchung verwandt.

2) Querschnitte durch Coniferenholz. Während die soeben beschriebenen Objecte sich nur zur Prüfung schwacher Objectivsysteme eignen, besitzen wir in Querschnitten durch den Stamm der Nadelhölzer ein sehr gutes Object, um das Begrenzungsvermögen der mittleren, selbst der stärkeren Systeme zu prüfen. Es ist ziemlich gleichgiltig, welche Coniferenart man zur Anfertigung des Präparates wählt; wir bilden hier [Tafel I Figur 2] ein Stück des Querschnittes durch den jungen Stamm der gemeinen Kiefer [*Pinus silvestris*] ab, die überall sogleich zu erlangen ist. Die Herstellung des Präparates geschieht auf die Weise, dass man einen möglichst zarten Querschnitt durch den jungen Stamm zu gewinnen sucht. Es muss dabei, wie später noch genauer auseinander gesetzt werden soll, vermieden werden, dass das nicht ganz scharfe Messer streifenförmige Risse auf demselben hinterlässt. Der diesen Anforderungen genügende Schnitt wird einige Minuten in absoluten Alkohol gelegt, um das in den Harzgängen [33]) befindliche Harz aus demselben zu entfernen, dann wird er in destillirtem Wasser abgewaschen und in Glycerin oder Glyceringelatine eingeschlossen zur Untersuchung verwandt.

Für unseren Zweck betrachten wir die, einen concentrischen Ring bildende Holzschicht. Die Holzzellen [34]) lassen nämlich bei stärkeren Vergrösserungen [Tafel I Figur 2] folgende drei Schichten in ihrer Wandung erkennen. Je zwei Zellen gemeinsam ist eine dünne, stark lichtbrechende Schicht, die wir mit Sachs Medianschicht nennen wollen [*a*]; dann folgt nach innen eine zweite, stärkere, aus verschiedenen, concentrischen Lagen zusammengesetzte Schicht, die mittlere Verdickungsschicht [*b*] und dieser aufgelagert eine zarte, das Innere der Zelle auskleidende Schicht, die innere Verdickungsschicht [*c*]. Alle drei Schichten müssen nun bei Linearvergrösserungen von 450 bis 800 vollkommen deutlich und scharf von einander gesondert hervortreten. Die Medianschicht ist gewöhnlich etwas leichter zu sehen, als

---

[33]) Sachs, Lehrbuch der Botanik, IV. Aufl. pag. 95, Figur 78.

[34]) Sachs l. c. pag. 75, Figur 57.

die innere Verdickungsschicht, daher die erstere früher sichtbar wird als letztere, wenn man das Präparat fortschreitend immer stärkeren Vergrösserungen unterwirft. Die innere Verdickungsschicht ist am geeignetsten, sich Rechenschaft über die begrenzende Kraft der stärkeren Objectivsysteme zu geben. Bei guten Systemen muss nämlich diese Innenschicht mit scharfer Contour gegen das Zelllumen abgesetzt sein, eine ganz scharfe, zarte Linie muss dasselbe begrenzen. Schlechte Systeme hingegen zeigen um das Zelllumen eine breite, nach innen zu immer heller grau werdende Linie, die keine scharfe Grenze hat, sondern sich allmählich in zarten Nebel auflöst. Es ist jedoch darauf aufmerksam zu machen, dass dicke, unvollkommene Schnitte dasselbe oder ein ähnliches Bild erzeugen, weshalb, wie erwähnt, nur ganz zarte Schnitte zur Untersuchung verwandt werden dürfen.

Gute Probeobjecte für dieselben Vergrösserungen und für solche, welche noch etwas schwächer sind, liefern auch Längsschnitte durch den Holztheil derselben Pflanze. Es sind hier die grossen, gehöften Tüpfel,[35]) welche ganz geeignet sind für die Prüfung des Begrenzungsvermögens. Sämmtliche Contouren derselben müssen scharf und deutlich als einfache Linien hervortreten.[36])

3) Tüpfelschuppen von *Lycaena*. Mit gutem Erfolg wendet man für denselben Zweck auch die Schuppen der Bläulinge an, und zwar empfehle ich, zur Untersuchung von den drei Arten *Lycaena Alexis* F. [= *Icarus* Hbst.], *L. Argiolus* L. oder *L. Argus* L. zu verwenden. Wie bei allen Schmetterlingen sind ihre Flügel ganz dicht mit zahlreichen, kleinen, gestielten Schüppchen bedeckt, denen dieselben ihre lebhafte Farbe verdanken. Auf der Oberseite wie auf der Unterseite der Flügel finden sich zwei Arten von Schüppchen, nämlich solche von länglicher Gestalt, welche auf ihrer Fläche zarte Längsstreifen führen, ferner solche, die aus einer auf längeren Stielen befestigten elliptischen Platte bestehen; sie sind auf der Oberfläche mit wenigen [ca. 6—10] getüpfelten Längsstreifen versehen [Tafel I Figur 3]. Diese verwendet

---

[35]) Man vergl. Sachs l. c. pag. 25, Figur 23.

[36]) Anhangsweise mag hier bemerkt werden, dass sich auch Präparate von Stärkekörnchen aus der Kartoffelknolle mit Erfolg zur Prüfung des Begrenzungsvermögens mittlerer Objectivsysteme anwenden lassen. Dieselben werden in Wasser oder in Glycerin liegend betrachtet, die einzelnen Schichten derselben, die sich um einen excentrisch gelegenen Bildungsmittelpunkt gruppiren, müssen durch scharfe, stärkere und zartere Contouren begrenzt sein. Man vergl. Sachs l. c. Figur 51 auf pag. 62.

man zur Untersuchung, nachdem sie in Canadabalsam eingeschlossen worden. Gute mittlere Systeme [Vergrösserung 350—450] müssen zunächst die Längsstreifen deutlich als doppelte Linie zeigen. Ferner müssen die Tüpfel als kleine Kreise erscheinen, welche in der Mitte mit einem dunkeln Pünktchen versehen sind. Die Längsstreifen wie die Tüpfelreihen dürfen nicht ineinander verschwimmen. Etwas schwieriger ist das Präparat zu lösen, wenn man die Schüppchen nicht in Canadabalsam legt, sondern sie trocken, einfach unter dem Deckglase liegend, untersucht. In diesem Falle sieht man die ganzen Schüppchen auch gefärbt.

B. Prüfung des Auflösungsvermögens. Um sich von der Güte stärkerer oder stärkster Objectivsysteme zu überzeugen, wendet man am besten Testobjecte an, welche in erster Linie ein Urtheil über die auflösende Kraft erlauben, zu gleicher Zeit aber auch eine Prüfung des Begrenzungsvermögens zulassen. Beide Eigenschaften des Objectivs sind ja auch wesentlich an einander gebunden; ein System von ungenügendem Begrenzungsvermögen wird nie schwierige Bilder lösen, es kann aber im Gegentheil wohl der Fall eintreten, dass zwei Systeme von annähernd gleichem Auflösungsvermögen die aufgelösten Détails in schärferen oder schwächeren Contouren zeigen, also nicht dasselbe Begrenzungsvermögen besitzen. — Die am häufigsten angewandten Probeobjecte für das Auflösungsvermögen sind Schmetterlingsschuppen und der Kieselpanzer verschiedener Diatomaceenarten.

1) Schuppen von *Hipparchia Janira* und *Lycaena Argiolus*. Der bei uns häufige Wiesenschmetterling *Hipparchia Janira* besitzt auf seinen Flügeln mehrere Arten von Schüppchen, kurze, mittellange und lange. Ein Schüppchen von mittlerer Länge ist Tafel I Figur 4 abgebildet. Es besitzt eine Länge von etwa 0·156 mm, eine Breite von 0·059 mm. Seine Form ist rechteckig; oben finden sich drei breite Spitzen, unten ist es mit herzförmiger Basis in einen kurzen Stiel verschmälert. Seine Fläche wird von 22—24 Längsleisten bedeckt, die einen mittleren Abstand von 0·00266 mm besitzen; es gehen also etwa 4 Längsstriche auf 0·01 mm [10 μ = 10 Mikromillimeter s. u.]. Schon bei einer Vergrösserung wie die der Abbildung [305] bemerkt man zwischen den Längsleisten sehr viele zarte Querstriche. Je stärker man diese vergrössert, in desto feinere Détails werden sie aufgelöst, und es bieten daher die Schmetterlingsschuppen ein ausgezeichnetes Präparat für das Auflösungsvermögen selbst der stärksten Objectivsysteme. In

neuerer Zeit sind die als Probeobjecte dienenden Schüppchen von Schmetterlingen am genauesten wohl von Dippel [37]) untersucht worden, und wir wollen daher an diesem Orte die Resultate, zu welchen jener Forscher beim genauen Studium dieser wichtigen Testobjecte gelangt ist, wörtlich wiedergeben: „Die Längsstreifen werden durch Erhebungen der Oberfläche gebildet, zwischen denen muldenförmige Vertiefungen verlaufen, so dass die Schüppchen auf dem Querschnitte ein wellenförmiges Ansehen gewinnen. Sie erscheinen bei schwächeren Vergrösserungen und namentlich bei schiefem Lichte, welches senkrecht zu ihrer Längsachse einfällt, scharf von zwei Linien begrenzt. Bei stärkeren Vergrösserungen dagegen und centraler Beleuchtung nehmen sie unter einem gut definirbaren Objectivsystem ein gezähntes Aussehen an, indem dann die in gleicher Ebene liegenden und mit ihnen zugleich im Focus befindlichen Theile der Querstreifen mit zur Anschauung gelangen, wodurch sie an diesen Stellen etwas verdickt erscheinen. Bei den schwächeren Vergrösserungen können diese Structurverhältnisse eben ihrer Zartheit halber kaum die Schärfe der Grenzlinien moderiren. Bei schiefer Beleuchtung werden sie selbst mittelst stärkerer Systeme deshalb übersehen, weil die von den Längsstreifen geworfenen scheinbaren Schatten die Zeichnung zu sehr überdecken. Hierauf beruhen denn auch die auseinander gehenden Ansichten, welche von verschiedenen Mikroskopikern über die wahre Beschaffenheit dieser Längsstreifen aufgestellt wurden. So behauptet z. B. Brewster [Treatise on the microscope], dass die Querstreifen gar nicht existirten, sondern dass die Längsstreifen mit kleinen Zähnchen besetzt seien. Chevalier [Les microscopes etc.] beschreibt die Schüppchen von *Pieris brassicae* als mit Längsstreifen besetzt, welche aus kleinen, nahe bei einander stehenden Kügelchen gebildet würden, und hält die Sichtbarmachung dieser Kügelchen für den wahren Prüfstein für die Güte eines Objectivsystemes. Einige englische Mikrographen stimmen dem bei, andere, z. B. Goring, dann unter den Deutschen H. v. Mohl, widersprechen und behaupten das Vorhandensein von scharf begrenzten Längs- und Querstreifen, und es hält letzterer die Chevalier'sche Beschreibung jenes Probeobjectes für ein schlechtes Zeugnis, das er seinen Mikroskopen ausgestellt habe. Brewster ist nur theilweise mit seiner Behauptung im Rechte, da er die Querstreifen gänzlich übersehen oder vielmehr nicht gesehen hat; Chevalier aber hat entschieden Recht. Ich habe denselben Gegenstand neuerlich mit verschiedenen der besten Objectivsysteme der neuesten

---

[37]) Dippel l. c. pag. 118 f.

Zeit untersucht und denselben den Chevalier'schen Angaben entsprechend gebildet gefunden. Die bekannten herzförmigen Schüppchen von *Pieris brassicae*[38]) sind nämlich über ihre ganze Oberfläche, sowohl auf den Längsstreifen als in den Zwischenräumen, mit sehr kleinen, unregelmässig eckigen bis rundlichen Körperchen besetzt, wodurch unter gewissen Beleuchtungsverhältnissen die Ansicht von Querstreifen hervorgerufen wird, welche zwischen und neben den Längsstreifen verlaufen, während sie, bei gerader Beleuchtung durch gut begrenzende Objectivsysteme gesehen, in der von Chevalier gezeichneten Weise erscheinen.

Die Querstreifen verlaufen bei den meisten Schüppchen in senkrechter, bei anderen in schiefer Richtung zu der Achse der Längsstreifen, sowohl über die Kuppen dieser als über die Zwischenräume, ohne von ersteren unterbrochen zu werden. Bei derjenigen Einstellung des Mikroskopes indessen, welche man gewöhnlich wählt, um die Querstreifen innerhalb der Zwischenräume mit Bestimmtheit zu sehen, entgeht dieses Verhalten leicht der Beobachtung. Nur bei einer gewissen mittleren Einstellungsweise tritt dasselbe deutlich hervor. Die Querstreifen sind nun nicht ähnliche Erhebungen wie die Längsstreifen, sondern bilden vielmehr die vertieften Stellen zwischen den mehr oder minder regelmässig viereckigen bis rundlichen Körperchen, welche in der Regel zwischen je zwei von jenen in vier Längsreihen stehen. Hierdurch erscheinen zwischen den stärkeren Längsstreifen drei sehr zarte, welche bei weitem schwieriger zu sehen sind, als die Querstreifen, und daher als Prüfsteine für die stärksten Objectivsysteme dienen können. Ueberhaupt gehören die besten Objectivsysteme mit grossem Auflösungsvermögen sowohl, als mit guter Begrenzung und möglichst vollkommener Correction der chromatischen Aberration dazu, um diese Structur zu erkennen.[39]) Bruno Hasert hat diese Structur schon 1847 aufgespürt und dieselbe seitdem näher beleuchtet [Amtlicher Bericht über die 34. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Karlsruhe, pag. 212]. Auf seine Anregung in brieflicher Mittheilung habe ich dieselbe ebenfalls einer näheren Untersuchung mittels meiner stärksten Objectivsysteme unterworfen und mich auf das Bestimmteste von der Richtigkeit seiner Darstellung überzeugt. Damit war denn auch ein fester Anhaltspunkt dafür gewonnen, wie diese Querstreifen durch gute Instrumente gesehen werden müssen. Ebenso erklären sich daraus die diagonalen Streifen, welche

---

[38]) Vergl. Dippel, l. c. Figur 61 und 62 auf pag. 119.

[39]) Man sehe Tafel I Figur 6, welche eine Copie von Dippel's Figur 63 darstellt.

man bei gewissen Beleuchtungsverhältnissen mittels starker Objectivsysteme auf den Schüppchen wahrnimmt. Beobachtet man die Querstreifen mittels einer 300—500fachen Vergrösserung bei gerade einfallendem Lichte, so erscheinen sie wie gezähnt, müssen dabei aber scharf begrenzt sein. Bei noch stärkeren Vergrösserungen treten alsdann auch die einzelnen Körperchen mit deutlicher, zarter Begrenzung hervor, sobald das betreffende Objectivsystem in sphärischer Beziehung hinreichend vollkommen verbessert ist. Schiefe Beleuchtung ist dagegen im Stande, bei den ersteren Vergrösserungen die wahre Structur zu verdunkeln und man gewahrt scharf markirte, linienähnliche Querstreifen, wie sie bisher von den meisten Mikroskopikern gefordert wurden, welche sich einmal daran gewöhnt hatten, bei solchen Prüfungen mit excentrisch gestelltem Spiegel zu arbeiten. Auch solche Objectivsysteme, welche bei nicht im höchsten Grade vollendetem Begrenzungsvermögen unvollkommene Correctur der chromatischen Abweichung besitzen, können selbst bei sehr hohen Vergrösserungen jenes Bild veranlassen. Daher rühren denn auch die Vorwürfe, welche man einzelnen als vortrefflich bekannten Objectivsystemen machte, welche die Querstreifen der *Hipparchia*schuppen gezahnt zeigten. Wir werden im Gegentheil eine solche Zeichnung, wenn sie bei centraler Beleuchtung sonst scharf und bestimmt erscheint, als ein Zeugnis für die Güte eines Objectivsystemes nehmen müssen, während ein solches, welches dieselbe nicht zur Anschauung bringt, einen Mangel an Begrenzungsvermögen verräth. Die diagonalen Linien treten namentlich dann hervor, wenn schiefes Licht unter einem Winkel von 30—60° auf die Längsstreifen trifft, während die zarten Längslinien dann am deutlichsten werden, wenn das schiefe Licht senkrecht gegen die Längsachse einfällt. In Bezug auf die Sichtbarkeit der beiden letztgenannten Liniensysteme kommen die Schmetterlingsschuppen den schwierigeren Probeobjecten aus der Familie der Diatomaceen fast gleich, ohne indess eine genügend vollständige Vergleichungsreihe darzubieten."

Diesen Ausführungen ist hinzuzufügen, dass uns Tafel I Figur 5, 6, 7 einzelne Stücke des Schüppchens von *Hipparchia Janira* in verschieden starken Vergrösserungen vorführen, Figur 5 bei 500facher, Figur 6 bei 1450facher und Figur 7 bei 1920facher Vergrösserung, die beiden letzten nach Dippel.[40])

Lycaena Argiolus hat Schüppchen, deren ähnliche Détailzeichnung etwas schwieriger zu lösen ist als bei *Hipparchia Janira*. Figur 8 auf Tafel I stellt eine ganze Schuppe in 305facher Vergrösserung dar;

[40]) Dippel l. c. Figur 63 und 69 auf pag. 119 und 122.

Figur 9 ein Stück 500fach vergrössert, und Figur 10 [nach Dippel [41])] ein kleineres Stück 1450mal vergrössert.

Die Schmetterlingsschuppen werden gewöhnlich in Canadabalsam eingeschlossen zur Untersuchung verwandt, im trockenen Zustande sind sie etwas schwieriger zu lösen; recht brauchbar scheinen mir auch Glycerinpräparate zu sein.

2) Kieselpanzer von Diatomaceen. Im Schlamme und an Pflanzen stagnirender Gewässer, aber auch im Meere findet sich eine Gruppe einzelliger Algen in einem fast unendlichen Formenreichthum der Arten, die als Diatomaceen allgemein bekannt sind. Sie sind durchgängig von mikroskopischer Kleinheit; sie zeichnen sich vor allen anderen Algen dadurch aus, dass ihre Zellhaut mit einem Gerüst von reiner Kieselsäure bedeckt ist, welches aus maschenartig aneinander gefügten Balken besteht und ein zierlich durchbrochenes Gitterwerk von der allerzartesten Structur darstellt. Dieser Kieselpanzer besteht aus zwei von einander trennbaren Hälften; werden Diatomaceen in einem Gemisch von Salpetersäure und Kaliumchlorat gekocht, so wird die gesammte organische Substanz zerstört, der Kieselpanzer allein bleibt übrig und zwar nachdem sich die beiden Hälften von einander isolirt haben. Diese Kieselpanzerhälften sind es, welche die trefflichsten Testobjecte abgeben. Ihre Zubereitung geschieht auf zweifache Art; man kann sie nämlich trocken oder in Balsam als Testobjecte verwenden und zwar richtet sich die Methode der Behandlung je nach der Art. Im Ganzen sind die in Balsam eingelegten Diatomaceen etwas schwieriger zu lösen als die trocken zubereiteten.

Die Trockenpräparate gewinnt man am zweckmässigsten auf folgende Weise. Nachdem in einem Gemisch von Salzsäure und concentrirter Kaliumchloratlösung die Kieselpanzer halbirt sind, giebt man die diatomaceenhaltige Flüssigkeit in einen hohen, engen Reagenscylinder, lässt die Panzer sich zu Boden setzen und wäscht wiederholt so lange mit destillirtem Wasser aus, bis Lackmuspapier keine Spur von Säure mehr anzeigt. Dann wird ein Pröbchen der durch die Diatomaceen getrübten Flüssigkeit mit einer kleinen Pipette auf einen reinen, dünnen Objectträger [s. u.] gebracht, das Wasser an einem staubfreien Orte [z. B. im Exsiccator] verdunsten lassen und ein Deckgläschen übergedeckt, welches man in der unten zu beschreibenden Weise verkittet. Die Darstellung der Balsampräparate geschieht folgendermassen: Man

[41]) Dippel l. c. Figur 73 auf pag. 123.

bringt von der ausgewaschenen, diatomaceenhaltigen Flüssigkeit eine Portion in ein Uhrgläschen, lässt alles Wasser verdunsten, nimmt den Rückstand mit reinem Terpentinöl auf und mengt ein Wenig von diesem, die Diatomaceen suspendirt enthaltenden Terpentinöl zu einem Tropfen Canadabalsam, der auf den Objectträger gebracht wurde, legt das Deckgläschen auf und verschliesst es unter gelinder Erwärmung.[42]) —

Mehrere Arten aus der Gattung *Pinnularia* dienen als Probeobjecte für ganz schwache Objectsysteme. So lassen sich die Querstreifen auf dem länglich-wurstförmigen Panzer von *Pinnularia nobilis* Ehrenberg bereits bei einer 30fachen Vergrösserung deutlich erkennen und die gleiche Bildung auf dem gestreckt-elliptischen Körper der *P. viridis* Rabenh. müssen bei einer Vergrösserung von 200 deutlich erscheinen. Da wir jedoch bereits besprochen haben, wie für diese schwächeren Vergrösserungen zumal Schmetterlingsschuppen passende Testobjecte darbieten, so wollen wir hier die Diatomaceenproben für schwache Objecte nicht genauer betrachten.

Für die Objectivsysteme der mittleren Vergrösserungen bieten uns verschiedene Arten aus der Gattung *Pleurosigma* äusserst schöne Testobjecte, die fast alle auch für stärkere Vergrösserungen als Prüfstein dienen können. Die *Pleurosigma*arten sind sämmtlich leicht an der eigenthümlich ς-förmigen Krümmung ihres Körpers zu erkennen; sie sind der Länge nach von einer doppelt geschwungenen Mittellinie durchzogen, die in ihrer Mitte zu einem gestreckten Mittelknoten ausgedehnt ist. Zu beiden Seiten der Mittellinie ist die Panzerfläche von einem überaus zarten Liniengerüst bedeckt; dieses nimmt unsere Aufmerksamkeit ausschliesslich in Anspruch. Je nach der Construction des soeben erwähnten Gerüstes kann man die als Testobjecte verwandten Arten in zwei Gruppen theilen; die erste umfasst die Arten *Pleurosigma balticum* und *Pl. attenuatum*, zu der zweiten gehören *Pl. angulatum* und *Pl. formosum.*

---

[42]) Man wird nur in seltenen Fällen die Zubereitung der Diatomaceen-Testobjecte selbst vornehmen können. Dieselben sind aber durch die besten mikroskopischen Institute [Dr. Kaiser in Berlin, Möller in Wedel, Holstein, Rohdig in Hamburg u. s. w.] zum Preise von 1 bis 2 Mark das Präparat zu beziehen. Möller liefert auch eine Diatomaceen-Probeplatte zum Preise von 12 Mk.; dieselbe enthält unter einem Deckgläschen eine Anzahl von Diatomaceenschalen, welche als Probeobjecte dienen, und zwar sind dieselben in einer Reihe so angeordnet, dass die vorn liegenden am leichtesten, die hinten liegenden am schwierigsten zu lösen sind, so dass es möglich wird, das Auflösungsvermögen aller Systeme mit Hilfe dieses einen Präparates zu prüfen.

a) Betrachten wir zunächst *Pleurosigma balticum* Sm. Das Pflänzchen besitzt eine Länge von 0·29 bis 0·33 mm und muss in Canadabalsam eingeschlossen als Probeobject verwandt werden [Tafel I Figur 11—14]. Bei einer 100fachen Vergrösserung erscheint das Object als ein zartes, hyalines Gebilde von der Form Figur 11; man unterscheidet die seitlichen Begrenzungsränder und die schön geschwungene Mittellinie, welche in der Mitte einen Knoten besitzt. Bei der genannten Vergrösserung lässt sich, sowohl bei centraler, wie bei excentrischer Beleuchtung [s. u.] keinerlei Sculptur auf der Schalenfläche wahrnehmen. Wird die Vergrösserung durch ein stärkeres Objectiv und ein möglichst schwaches Ocular bis auf 200 gesteigert [cfr. pag. 36], so erscheint die Fläche wie von einem ganz zarten Gitterwerk bedeckt. Man erkennt bereits, dass dieses aus Längs- und Querstreifen besteht; bei verschiedenen Einstellungen sind bald die ersten, bald die letzten, zumal nach dem Aussenrande zu, am deutlichsten sichtbar. Wählt man bei demselben Objectiv ein etwas stärkeres Ocular [Vergrösserung 300], so tritt das Bild um ein Geringes klarer hervor, da die Abstände der einzelnen Linien grösser werden. Zwei Querstreifen haben einen gegenseitigen Abstand von 0·0007 mm, so dass etwa 15 von ihnen auf den hundertsten Theil eines Millimeters gehen würden. — Eine Objectivvergrösserung von 460 löst das Gitterwerk sehr deutlich in zwei Streifensysteme auf, welche zu einander senkrecht stehen, indem die Streifen des einen in der Längsachse, die des anderen in der Querachse der Diatomee verlaufen. Man erkennt jetzt ohne Schwierigkeit, dass an den Durchkreuzungspunkten der Striche beider Systeme sich kleine knotenartige Verdickungen befinden [Tafel I Figur 12, 13], deren Gestalt scheinbar viereckig ist. Die Querstreifen sind ausserdem in der Nähe des Aussenrandes etwas stärker als übrigens. Eine nur wenig stärkere Ocularvergrösserung [550—590, s. Figur 12, 13] macht das Bild noch etwas deutlicher. — Endlich bei einer Vergrösserung von 950 erscheint die Zeichnung vollkommen aufgelöst [Tafel I Figur 14]; die Knoten haben jetzt deutlich eine vierseitige Gestalt, und bei noch etwas stärkerer Ocularvergrösserung [1400—1450] erkennt man, dass sie in Wirklichkeit sechsseitig sind; die Sechsecke sind aber nicht regulär, sondern zwei gegenüberliegende Seiten derselben sind kürzer als die vier anderen.[43])

[43]) Es sei hier für Diejenigen, welche die Prüfung des Mikroskopes mit Hilfe von Probeobjecten autodidaktisch zu lernen gezwungen sind, ganz besonders das Werk von Fritsch und Müller empfohlen: „Die Sculptur und feineren Structurverhältnisse der Diatomaceen mit vorzüglicher Berücksichtigung der als Probeobjecte benutzten Species“, Abtheilung I, 12 Tafeln mikro-

b) *Pleurosigma angulatum* Sm. bildet dasjenige Diatomaceen-Testobject, welches zumeist für die Prüfung mittlerer und stärkerer Systeme verwandt wird und zwar mit Recht. Dasselbe muss trocken eingelegt sein; in Canadabalsam liegend ist es ganz bedeutend schwieriger löslich und würden auf Balsampräparate die nachfolgenden Beschreibungen nicht passen. — Seiner Gestalt nach unterscheidet sich *Pleurosigma angulatum*, welches eine mittlere Länge von 0·24—0·32 mm erreicht, dadurch von allen anderen Gattungsverwandten, dass sein Körper in der Mitte beiderseits scharf winklig vorgezogen ist [Figur 1 Tafel II], woher es auch seinen Namen erhalten hat. Die Mittelrippe unterscheidet sich wenig von der des *Pleurosigma balticum*, nur ist sie schlanker und entbehrt der leichten Krümmung beiderseits am Mittelknoten [Tafel I Figur 11]. Unter schwachen Vergrösserungen besitzt *Pl. angulatum* eine hellgelbbraune Farbe. — Betrachten wir nun, wie sich die Schalenstructur dieser Diatomee bei schwachen, mittleren, stärkeren und starken Vergrösserungen darstellt.

1) Schwache Vergrösserungen [50—150]. Die Oberfläche zeigt vollkommen homogenes Aussehen. Die Farbe ist gleichmässig hellbraun. Auch excentrische Beleuchtung lässt auf der Fläche keinerlei weitere Détails erkennen, das Object kann also zur Prüfung schwacher Systeme nicht verwandt werden.

2) Mittlere Vergrösserungen [200—400]. Bei einer mit dem schwächsten Ocular hervorgebrachten Vergrösserung von 200—250 erkennt man die ersten Spuren einer Zeichnung [Tafel II Figur 1], welche in einem dunkler-bräunlichen Tone hervortreten. Ueber die Natur der Zeichnung lässt sich bei dieser Vergrösserung noch nichts sagen; erhöht man aber durch ein etwas stärkeres Ocular die Vergrösserung bis zu etwa 300 und wendet excentrische Beleuchtung an, so wird die Zeichnung deutlich und man erkennt, dass letztere aus drei Streifensystemen besteht, die in Winkeln von circa 120° gegen einander ge-

---

photographischer Abbildungen. Berlin 1870, 4° [Preis 16 M., jede Tafel einzeln verkäuflich; 1,6 M.]. Die Tafeln stellen prächtige Photographien direct nach dem Mikroskop dar: I. Diatomaceen-Typen-Platte II von J. D. Möller in Wedel; Vergr. 90. — II. *Arachnoidiscus ornatus* Ehrbg.; Vergr. 530. — III. *Triceratium Favus* Ehrbg.; Vergr. 545. — IV. *Navicula* [*Pinnularia*] *nobilis* Kg.; Vergr. 545. — V. *Navicula Lyra* Ehrbg. *et var.;* Vergr. 530. — VI. *Stauroneis Phoenicenteron* Ehrbg.; Vergr. 545. — VII. *Pleurosigma balticum* Sm.; Vergr. 545. — VIII., IX. *Pleurosigma angulatum* Sm.; Vergr. 545, 1200. — X. *Grammatophora marina* [Kg.] Sm.; Vergr. 545. — *Grammatophora oceanica* Ehrbg. = *G. subtilissima;* Vergr. 700. — XI., XII. *Surirella Gemma* Ehrbg.; Vergr. 700, 1200.

neigt sind. Man erkennt jedoch bei dieser Vergrösserung unter Anwendung schiefer Beleuchtung nur dasjenige System deutlich, zu dem die einfallenden Lichtstrahlen unter einem Winkel von 90° gerichtet sind. Auf diese wohl zu berücksichtigende Eigenthümlichkeit hat zuerst Dippel[44]) aufmerksam gemacht: „Wendet man einseitig einfallendes schiefes Licht an, so tritt, je nach der Lage der Kieselschalen gegen die Lichtstrahlen, das eine oder das andere der Liniensysteme besonders hervor. Die etwas weiter von einander abstehenden Querlinien treten auf, wenn das schiefe Licht parallel mit der Längsachse einfällt. Um 90° gedreht, treten die beiden sich kreuzenden, enger gezogenen Diagonalen-Liniensysteme etwa mit gleicher Schärfe hervor, dagegen wird nur eines dieser scheinbaren Liniensysteme schärfer sichtbar, wenn die Längsachse der Schale etwa einen Winkel von 45° mit der Richtung der Lichtstrahlen bildet." — Condensorbeleuchtung ohne Abblendung der Mittelstrahlen [s. u.] giebt ein im Ganzen viel deutlicheres Bild als das soeben beschriebene.

3) Stärkere Vergrösserungen [450—900]. Wenn die Objectivvergrösserung 450—480 erreicht, so werden sehr deutlich auf den Schalenflächen die drei Liniensysteme sichtbar, welche sich gegenseitig unter Winkeln von 120° schneiden [Tafel II Figur 2]. Man bemerkt jetzt aber auch, dass die früher als Striche erschienenen Gebilde keine gerade Linien sind, sondern dass sie die in derselben Richtung liegenden Seiten an einander gereihter Sechsecke darstellen, welche als äusserst zartes Gitterwerk die gesammte Fläche der Diatomee bedecken [man vergl. hier Figur 4 Tafel II]. Bei einer Vergrösserung von 450—480 sieht man die Sechsecke nur dann deutlich, wenn die betreffende Stelle ganz scharf eingestellt, die Beleuchtung centrisch ist; ist die letztere excentrisch, so prävaliren je nach der oben angeführten Richtung, unter welcher die Gitterung beleuchtet wird, gewisse Systeme.[45]) Zumal mit centrischer Condensorbeleuchtung wird das Bild sehr klar. Bei richtiger Einstellung müssen die sechseckigen, kleinen Flächen selbst farblos, ihre scharf begrenzten Contouren etwa chocolatefarbig erscheinen.[46]) — Das Bild muss, wenn es durch ein gutes Objectiv

---

[44]) Dippel, Das Mikroskop, Bd. I. pag. 128.

[45]) Dieses ungleichmässige Prävaliren zeigt sehr gut Tafel VIII des oben citirten Werkes von Fritsch und Müller, welche ein *Pleurosigma angulatum* bei excentrischer Beleuchtung darstellt; man betrachte die Photographie an verschiedenen Stellen mit einer nicht zu schwach vergrössernden Lupe.

[46]) Bei falscher Einstellung erscheinen im Gegensatze dazu die Flächen dunkel und die Contouren hell.

erzeugt wurde, beträchtliche Ocularvergrösserungen ertragen können, ohne verschwommen zu erscheinen. Mit einem guten Gundlach'schen Immersionssystem [VII] erzeugt, vertrug das Bild eine Ocularvergrösserung von 1000 und 1400; bei letzterer zeigten sich die Ecken der Hexagone noch vollkommen winklig und scharf begrenzt.

4) Stärkste Vergrösserungen [900—2000]. Bei Objectivvergrösserungen über 900 muss die Auflösung des Sechseck-Netzwerkes noch deutlicher werden wie vorhin. Da der wahre Durchmesser der Sechsecke etwa 0·005 mm beträgt, so ist es klar, dass sie beispielsweise bei einer Vergrösserung von 1000 schon sehr deutlich wahrgenommen werden können. Wir haben wiederholt *Pleurosigma angulatum* mit einem Seibert'schen Immersionssysteme Nr. IX. studirt [Vergr. 950, 1430, 2170, 2880] und haben die Structur bis ins kleinste bei Anwendung aller Oculare, bei centraler wie bei excentrischer Beleuchtung gesehen; am schönsten bei Anwendung eines Condensors, dessen Mittelstrahlen abgeblendet waren. Figur 4 auf Tafel II zeigt das Bild bei einer Vergrösserung von 2880 mit dem genannten Systeme, Figur 3 bei 1200facher Linearvergrösserung; letztere nach der Mikrophotographie von Fritsch Tafel IX.

An die Pleurosigmen schliessen sich die Arten der Gattungen *Grammatophora* und *Nitzschia* an, welche vortreffliche Testobjecte für die stärkeren und stärksten Systeme liefern und endlich *Surirella Gemma*, deren zarter Kieselpanzer nur von den stärksten und besten Vergrösserungen aufgelöst wird.

c) *Grammatophora marina* [Ktzg.] Sm. Der Körper der *Grammatophora*arten kann seiner Gestalt nach am besten mit einem Cigarrenetui verglichen werden. Die Flächenansicht dieser Diatomeengattung zeigt die Form eines mehr oder minder langgezogenen Rechteckes mit gestumpften oder abgerundeten Winkeln [Tafel II Figur 5, 7]. Der Mitte zunächst verlaufen zwei eigenthümlich zickzackförmig gebogene, derbe Linien, deren Gestalt und Länge je nach der Art schwankt. Aeusserlich von diesen Längslinien verläuft auf der ganzen Ausdehnung des Aussenrandes eine Zone, die von den zartesten Querstrichen ausgefüllt ist. Diese Querstreifen sind es, welche hier ausschliesslich unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen.

Betrachten wir *Grammatophora marina* [in Canadabalsam] bei einer 200fachen Objectivvergrösserung, so sind die besagten Querstriche ganz schwach sichtbar; gewöhnlich erkennt man sie dann erst, wenn man längere Zeit ins Mikroskop gesehen hatte. Etwas deutlicher wird

die Zeichnung, wenn man excentrisches Licht oder noch besser Condensorbeleuchtung anwendet. Schwächere Ocularvergrösserungen verändern das Bild nur sehr wenig; erhöht man diese jedoch auf circa 600, so erscheint bei schiefer Beleuchtung jeder Querstrich aus einer hellglänzenden und einer schwarzen [Schatten-] Linie zu bestehen.

Wird nun die Objectivvergrösserung auf 450—480 erhöht, so muss schon bei Centralbeleuchtung die Zeichnung sehr deutlich erscheinen, auch bei centraler Condensorbeleuchtung. Licht, welches schief, und zwar senkrecht zu den Querstreifen einfällt, hebt das Bild viel deutlicher hervor. Bei Centralbeleuchtung und sehr hoher Einstellung scheint der gestreifte Theil der Diatomee wie mit Pünktchen bedeckt, tiefer erscheinen die Querstreifen gekörnt; am undeutlichsten ist das Bild, wenn man die Einstellung in die Mitte zwischen obere und untere Begrenzungsfläche der Diatomee verlegt.[47]) — Figur 6 stellt *Gr. marina* bei 600facher Vergrösserung dar.

Stärkere Vergrösserungen [900—1200] ändern wenig an dem Bilde; *Gr. marina* ist eben vorzugsweise als Object für schwächere Immersionssysteme zu empfehlen.

d) *Grammatophora oceanica* Ehrbg. = *Gr. subtilissima*. Diese Species unterscheidet sich von der soeben beschriebenen durch eine etwas abweichende Form [sie ist schmäler und länger als *marina*], bedeutendere Kleinheit und viel schwieriger lösliche Querstriche. Während bei *Gr. marina* die Querlinien etwa 0·00041 mm aus einander stehen, beträgt diese Entfernung bei *Gr. oceanica* nur 0·00031 mm. Eine Objectivvergrösserung [Trockenlinse] von 200 löst deshalb das Liniengerüst der *oceanica* auch nicht im Geringsten, einerlei ob man centrale oder excentrische, gewöhnliche oder Condensorbeleuchtung anwendet, oder ob man die Vergrösserung durch stärkere Oculare bis auf 400 oder 500

---

[47]) Nach einem sehr genauen Studium der *Grammatophora*arten stelle ich hier die Ansicht auf, dass die Querstreifen von einer Reihe hintereinander stehender körnchenartiger Erhebungen gebildet werden. Ich komme somit in Controverse mit Dippel, welcher annimmt, dass ausser einer glatten Querstrichelung noch andere, darüberliegende Liniensysteme vorkämen: „Bei allen drei Arten kommen neben den Querlinien auch sich schief durchkreuzende Linien wie bei *Pl. angulatum* vor, die aber bei *Gr. subtilissima* äusserst schwierig zu sehen sind und zu ihrer Lösung bei sonst sehr günstiger Beleuchtung Anwendung gut regulirten schiefen Lichtes verlangen.“ [Dippel, l. c. I, pag. 129]. — Aus dem beregten Grunde halte ich Dippel's Abbildungen Figur 87—90 für nicht ganz der Natur entsprechend. Man vergl. damit Fritsch und Müller l. c. Tafel X.

steigert. — Dieselbe Erfahrung macht man bei den schwächsten Immersionssystemen, deren niedrigste Ocularvergrösserung zwischen 400 und 500 gelegen ist; erst bei einer Vergrösserung von 700 vermittels eines schwachen Oculars erscheinen die Querbalken in Gestalt sehr zarter Linien [Tafel II Figur 7]; mit noch stärkeren Immersionssystemen [1200—1500] werden sie dann immer deutlicher [Figur 8] und unterscheiden sich äusserlich nicht von denen der vorher beschriebenen Art. [Balsampräparat.]

e) Kurz mag hier noch ein ganz gutes Testobject aus einer anderen Diatomaceengattung, *Nitzschia linearis* erwähnt werden [Tafel II Figur 9, 10]. Dieselbe hat eine eigenthümlich stabförmige Gestalt; der Aussenrand ist sehr auffällig cannellirt. Von diesem ausgehend ziehen sich über die ganze Fläche Querstreifen, die in Bezug auf Zartheit und Abstand von einander [= 0·00036 mm] die Mitte halten zwischen den beiden *Grammatophora*arten. Auch diese werden nur durch die stärkeren Immersionssysteme hinreichend deutlich gelöst [Figur 10]. — Gleichfalls Balsampräparat.

f) Ein ganz vorzügliches Diatomaceentestobject, welches jedoch nur von den allerstärksten Systemen vollkommen gelöst wird, ist *Surirella Gemma* Ehrenbg. Es wird am besten trocken eingelegt und ist auch in diesem Zustande äusserst schwierig zu lösen. Figur 11—13 auf Tafel II stellen Ansichten desselben bei 500-, 700- und 1200fachen Objectivvergrösserungen dar. Die Gestalt der *Surirella* ist oval, die Enden sind schwach zugespitzt. Die Eifläche wird von einem Gerüst starker Kieselbalken durchzogen, die in der Querrichtung verlaufen und einestheils mit dem dicken Rande, anderentheils mit einer der Länge nach sich erstreckenden Mittellinie ziemlich unregelmässig verbunden sind. In den Feldern zwischen den einzelnen Balken bemerkt man bei einer 500fachen Vergrösserung nicht die geringste Spur einer Zeichnung [Figur 11]. Bei einer Objectivvergrösserung von nahezu 700 werden nun in den Feldern Streifen sichtbar, welche den Querbalken parallel verlaufen [Figur 12]. Undeutlich schon bei dieser, sehr deutlich aber bei einer Vergrösserung von 1200—1500 erscheinen diese Striche fein punktirt; das ganze Feld macht den Eindruck, als wenn es von einem korbartigen Gewebe erfüllt wäre [Figur 13]. Dieses soll nach Dippel [48]) darin seinen Grund haben, dass über die continuirlichen Querstreifen, die verhältnismässig stark sind, sehr zart gezeichnete Längsstreifen verlaufen; die letzteren verlangen um gesehen zu werden vornehmlich eine schiefe

[48]) Dippel l. c. pag. 131.

Beleuchtung. „Ein recht hübsches Bild gewährt diese Diatomacee bei letzterer Beleuchtungsweise, wenn die Strahlen etwa unter einem Winkel von 25—30° auf die Längsstreifen treffen.“

Wir wollen hiermit die Reihe der Präparate, welche dazu dienen, das optische Vermögen eines Mikroskopes zu prüfen, beschliessen. Die wichtigsten von ihnen sind jedenfalls die Schuppen von *Hipparchia Janira* und der Kieselpanzer von *Pleurosigma angulatum*. Diesen haben wir daher auch die eingehendsten Beschreibungen gewidmet. — Noch eine Bemerkung möchten wir hier in Bezug auf die Testobjecte im Allgemeinen anfügen. Manche Firmen liefern dieselben unter Deckgläschen liegend, welche 0·15—0·20 mm Dicke besitzen. Wir halten dies für entschieden unpraktisch. Denn will man solche Präparate zur Prüfung sehr starker Systeme verwenden, so lassen sie den Arbeiter im Stich, da wegen der beträchtlichen Deckglasdicke das Einstellen unmöglich oder trotz Correctionsschraube das Bild entschieden beeinträchtigt wird. Man sollte dem Vorgange Möller's folgen, Testobjecte herzustellen, die mit einem 0·05—0·08 mm dicken Deckglase bedeckt sind. [49])

Leopold Dippel hat das Verdienst, die directen Entfernungen der Quer- oder Längszeichnungen von Schmetterlingsschuppen, Diatomeen etc. genau bestimmt zu haben. Für die von uns besprochenen Objecte weist die nachstehende Tabelle die Resultate des genannten Forschers [50]) aus.

Name des Probeobjectes.	Art der Aufbewahrung.	Anzahl der Striche auf 0·01 mm.	Entfernung der Striche in mm.
Pinnularia nobilis Ehrbg. .	Balsam	4— 6	0·00208
Pinnularia viridis Rbh. .	Balsam	7— 8	0·00153
Hipparchia Janira F. . .	trocken	10—12	0·00099
Lycaena Alexis F. a . .	trocken	10—11	0·00096
Lycaena Alexis F. b . .	trocken	14—15	0·00074
Pleurosigma balticum Sm. .	Balsam	14—15	0·00074
Pleurosigma angulatum Sm.	trocken	22—23	0·00046
Grammat. marina Sm. . .	Balsam	25	0·00041
Nitzschia linearis Sm. . .	Balsam	28—29	0·00036
Surirella Gemma Ehrbg. .	trocken	30—32	0·00032
Grammat. oceanica Ehrbg.	Balsam	32—34	0·00031

[Es sind immer Querstriche gemeint, nur bei *Surirella* Längsstreifen; bei *Lycaena* bedeutet a die hellgefärbten, b die dunkeln Flügelschuppen.]

[49]) Möller in Wedel, Holstein, liefert solche zum Preise von 1,50 M.

[50]) Dippel l. c. pag. 134 f.

Unter Zugrundelegung der hier gegebenen Tabelle wird man, wenn man die Probeobjecte in der angeführten Reihenfolge anwendet, bald über die Güte und die Leistungsfähigkeit des zu prüfenden Instrumentes ins Klare kommen.

Es mag schliesslich noch erwähnt werden, dass bereits vor längerer Zeit Nobert versucht hat, einen Apparat zu construiren, mit dem die Prüfung eines Mikroskopes ohne Anwendung von Testobjecten geschehen kann. Es ist die sogenannte Nobert'sche Probeplatte. Sie besteht aus zahlreichen Gruppen zarter Linien, die mit Hilfe eines Diamantes in Glas geritzt oder vermittels Flusssäure in dasselbe eingeätzt sind. Die Linien jeder Gruppe haben einen verschieden grossen Abstand von einander; so stehen z. B. die Linien der ersten Gruppe 0·002256 mm, die der letzten Gruppe 0·000282 mm von einander ab. Die Abstände der Linien in den dazwischen liegenden Gruppen stufen sich allmählich vom ersten bis zum letzten Werthe ab. Es ist klar, dass man mit Hilfe der Platte das Auflösungsvermögen eines Systemes sehr leicht bestimmen kann, wenn man mit demselben die Gruppen der Reihe nach betrachtet und soweit fortschreitet, bis man zu der Gruppe gelangt, die es nicht mehr in ihre Elemente auflöst. Die Nobert'sche Probeplatte wäre gewiss auch allen Testobjecten vorzuziehen, wenn nicht ihr ungemein hoher Preis, der durch die fast unglaubliche Feinheit der Arbeit bedingt ist, ihrer Verbreitung das grösste Hindernis entgegensetzte.

5. Die Mikroskopröhre.

Nachdem wir nunmehr die Betrachtung des optischen Theiles der Mikroskope beendigt haben, wollen wir uns, wenn auch nur in grossen Zügen, die Besprechung der übrigen Mikroskoptheile zuwenden, dem Stativ und dem Beleuchtungsapparat. Wir behandeln zuerst die Mikroskopröhre.

Die Mikroskopröhre oder der Tubus [Figur 1, pag. 17] ist eine solide Röhre von Messing, deren Länge sich nach der Construction des optischen Apparates, beziehungsweise nach dem Zusammenwirken von Objectiv und Ocular richtet [cfr. pag. 32]. Bei mittleren und grösseren Mikroskopen schwankt ihre Länge zwischen 18 und 28 cm. Unten trägt sie eine Schraubenmutter zum Anschrauben der Objectivsysteme [pag. 15, 26]; auf ihre obere Mündung, welche zu diesem Behufe genau cylindrisch abgedreht ist, wird das Ocular aufgesetzt [pag. 15, 32]. Im Innern des Tubus befinden sich mehrere feste Diaphragma-

Blenden [ähnlich wie Figur 11, pag. 32], zur Abblendung gewisser, das mikroskopische Bild beeinträchtigender Lichtstrahlen. Hier — wenigstens im unteren Theile bis zur obersten Blende — ist die Röhre geschwärzt.

Grössere Mikroskope besitzen gewöhnlich einen ausziehbaren [extrahirbaren] Tubus. Alsdann besteht die Röhre aus zwei nach Art der Fernröhre in einander verschiebbaren Stücken, wodurch ihr je nach Bedürfnis eine verschiedene Länge gegeben werden kann. Auf das Vortheilhafte dieser Einrichtung hat zuerst Harting[51]) aufmerksam gemacht:

„Bei einem Mikroskope, zu dem verschiedene Objective und Oculare gehören, darf man unmöglich erwarten, dass eine und dieselbe Länge des Rohres auch am besten bei allen Combinationen ausreichen werde. Sodann kann eine Verkürzung des Rohres beim Gebrauche von Deckplättchen zu statten kommen. Eine vorausgegangene Untersuchung wird deshalb darüber belehren können, bei welcher Länge des Rohres die optische Vollkommenheit des Mikroskopes in den verschiedenen Fällen den höchsten Grad erreicht, und dies kann weiterhin als Richtschnur dienen.

Der zweite Vortheil dieser Einrichtung besteht darin, dass man es in der Gewalt hat, durch Ein- und Ausziehen des inneren Rohres die Vergrösserung auf eine bestimmte Zahl zu bringen. Bei manchen mikrometrischen Messungen ist dies sehr vortheilhaft. Einfacher ist es z. B., wenn man den Durchmesser des Bildes mit 500 dividirt, statt mit 487 oder 513, oder mit 100 statt mit 93 oder 107. Auch ist es bei manchen Beobachtungen vortheilhaft, den wahren Durchmesser des Gesichtsfeldes auf eine bestimmte Grösse zu bringen, auf 1, 2, 3 mm u. s. w. Beides kann geschehen, wenn man die Entfernung zwischen Objectiv und Ocular vergrössert oder verkleinert, und zwar auch ohne eine sehr in die Augen fallende Abnahme der Bildschärfe, wenn gewisse Grenzen dabei nicht überschritten werden.

Am besten entspricht diesen Zwecken eine auf die innere Röhre eingeschnittene Theilung. Der Opticus oder der Besitzer des Mikroskops selbst kann dann mit deren Hilfe eine Tabelle entwerfen, und darauf nach vorgängiger, genauer Untersuchung des Instrumentes alle Einzelheiten verzeichnen, die ihm späterhin bei den Untersuchungen zu Gute kommen.“ —

Die Bewegung des Tubus in der Mikroskophülse [*r* Figur 1] ge-

---

[51]) Harting, Mikr. pag. 157 f.

schieht durch Trieb oder durch freie Handbewegung [pag. 16]. In jedem Falle ist es nothwendig, dass der Tubus genau in die Hülse einpasst. Man erreicht dieses durch sorgfältiges Einschleifen beider; auch ein Auskleben des Hülseninnern mit Tuchstoff etc. ist anwendbar, vorausgesetzt, dass es sorgfältig geschieht. Im ersten Falle darf der Tubus nicht mit Oel oder dergl. eingerieben werden, um die Bewegung sanfter zu machen. Sollte letzteres in der ersten Zeit auch dadurch erreicht werden, so setzen sich doch sehr bald zahlreiche Staubtheilchen an den geölten Tubus fest, die mit der Zeit einen zarten Schlamm bilden, welcher die Bewegung nicht erleichtert, sondern im Gegentheil erschwert. Man halte hingegen das Innere der Hülse, wie den in ihr gleitenden Tubustheil möglichst rein, dadurch wird man die sanfteste Bewegung erzielen.

Wenn man ein Object nach einander mit verschiedenen Objectivvergrösserungen betrachten will, so ist man genöthigt, in jedem einzelnen Falle ein anderes System an dem Tubus zu schrauben. Um dieses häufige An- und Abschrauben zu vermeiden, hat man einen einfachen Apparat erdacht, die Revolver-Vorrichtung oder den Revolver-Objectivträger. Das kleine Instrument besteht aus zwei runden, geschwärzten Metallplatten, welche genau in ihren Mittelpunkten durch eine Nietung so gegenseitig verbunden sind, dass sie sich rotirend gegen einander verschieben lassen. Die obere Platte besitzt eine runde Oeffnung mit einer Schraubenmutter; vermittels derselben wird sie einem Gewinde angeschraubt, welches zu diesem Zwecke äusserlich am unteren Tubusende angebracht ist. Das untere Metallstück trägt drei bis vier Oeffnungen, welche, wenn man es einmal um seine Achse dreht, der Reihe nach mit der Oeffnung der oberen Platte zusammenfallen. Jeder dieser Oeffnungen ist eine Schraubenmutter eingeschnitten, dazu bestimmt, ein Objectivsystem aufzunehmen. Ausserdem ist der Apparat mit einer einspringenden Federvorrichtung ausgestattet, welche die Bewegung in dem Augenblicke sistirt, wenn sich irgend ein Objectivsystem genau in der Mitte der oberen Plattenöffnung befindet. Der Gebrauch des Instrumentes ist ohne Weiteres verständlich. So einfach diese Vorrichtung auch ist, so ist sie doch ziemlich kostspielig, da sie wegen der genauen Centrirung der Systeme äusserst sorgfältig gearbeitet sein muss.

6. Die Mikrometerschraube.

Die Mikrometerschraube ist, wie wir schon angedeutet haben, eine Vorrichtung, welche gestattet, den bereits durch die grobe Einstel-

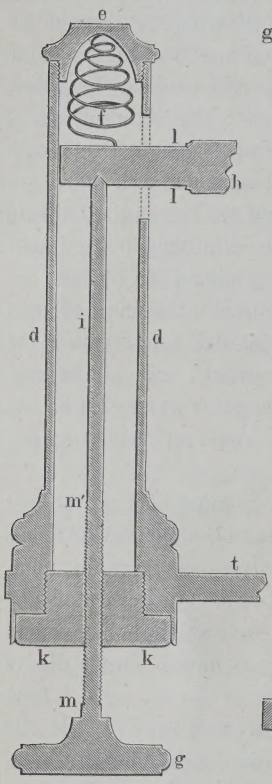
lung [pag. 16] in die Nähe des Objectes gebrachten optischen Apparat jenem fast mathematisch genau so zu nähern, dass es sich im Brennpunkte des letzteren befindet.

Wie diese Einrichtung bei den älteren Mikroskopen beschaffen war, haben wir in der historischen Einleitung [pag. 7] erwähnt. — Bei kleineren Mikroskopen der Jetztzeit findet man die Mikrometerschraube an dem Tische angebracht. Der Tisch besteht alsdann aus zwei auf einander liegenden Platten; an der oberen ist eine Schraube drehbar befestigt, die in eine Schraubenmutter der unteren eingreift; der Schraubenkopf befindet sich rechter Hand an der Unterseite des Tisches. Dreht man an demselben im aufsteigenden Sinne, so hebt man dadurch die obere Platte ein wenig, bringt sie also sammt dem auf ihr liegenden Objecte dem Objectiv etwas näher. Da jedoch die rechte Seite der oberen Tischplatte etwas mehr gehoben wird als die linke, so nimmt sie alsdann — wie auch das Object — eine schiefe, nicht wagerechte Stellung zu dem optischen Apparate ein. Aus diesem Grunde ist die Construction für wissenschaftliche Beobachtungsinstrumente verwerflich, und alle Mikroskope, welche sie besitzen, sind für Beobachtungen untauglich; sie darf höchstens an Trichinenmikroskopen und anderem Spielzeug geduldet werden.

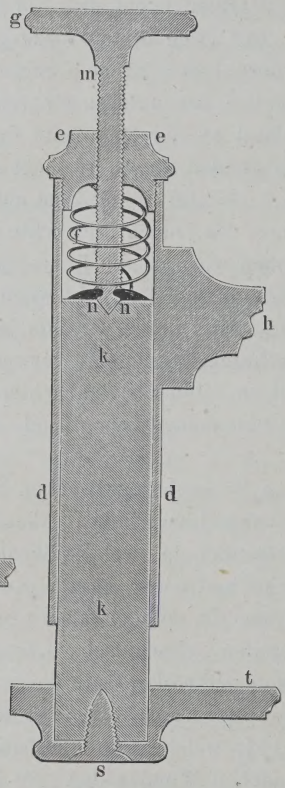
Bei Mikroskopen zu Beobachtungszwecken befindet sich die Mikrometerschraube an der senkrechten Säule [*d* Figur 1], welche den Tubus trägt. Sie wird hauptsächlich in zwei Modificationen angewandt, nämlich unter dem Tische und über dem Tische. An der Hand von Figur 15 und 16 wird uns die sehr einfache Construction beider leicht klar werden; beide stellen schematische Längsschnitte durch die in Figur 1 mit *d* bezeichnete Mikroskopsäule dar.

a) Die Mikrometerschraube unter dem Tische. Die Mikroskopsäule [*d* Figur 15], welche sich oberhalb des Tisches *t* erhebt, stellt eine Röhre mit dicken Wänden dar. An ihrem unteren Ende ist der Verschluss *kk* angeschraubt, welcher in der Mitte die Matrix für die Mikrometerschraube *mm'* trägt. Letztere hat einen ungefähren Durchmesser von 3 mm, ihre sorgfältig geschnittenen Windungen sind 0·3—0·5 mm hoch. Der Schraubenknopf befindet sich unter dem Tische bei *g*. Da wo das Gewinde der Schraube bei *m'* innerhalb der Säule endigt, setzt sich dieselbe in eine derbe Stahlstange *i* fort, welche an ihrem oberen Ende genau conisch abgedreht ist. Mit dieser kegelförmigen Spitze greift sie in die ebenfalls conische Vertiefung eines Messingzapfens *h* ein, welcher fest mit der den Tubus tragenden Hülse *r* Figur 1 verbunden ist. Er ragt durch eine vordere Oeffnung *ll* der

Säule *d* in diese hinein. Die starke stählerne Spiralfeder *f* dient dazu, den Zapfen *h* fest auf die Stahlstange *i* zu pressen. Sie wird durch die Kappe *e*, welche der oberen Säulenöffnung aufgeschraubt wurde, auf die obere Fläche von *h* gedrückt. Wie die ganze Vorrichtung wirkt, ist leicht einzusehen. Drehe ich bei *g* die Schraube *m m'* im aufsteigenden Sinne, so treibt sie den Zapfen *h* unter Comprimirung der Feder nach oben: drehe ich bei *g* umgekehrt, so findet eine Abwärtsbewegung des Zapfens *h* und damit der Mikroskopröhre statt.



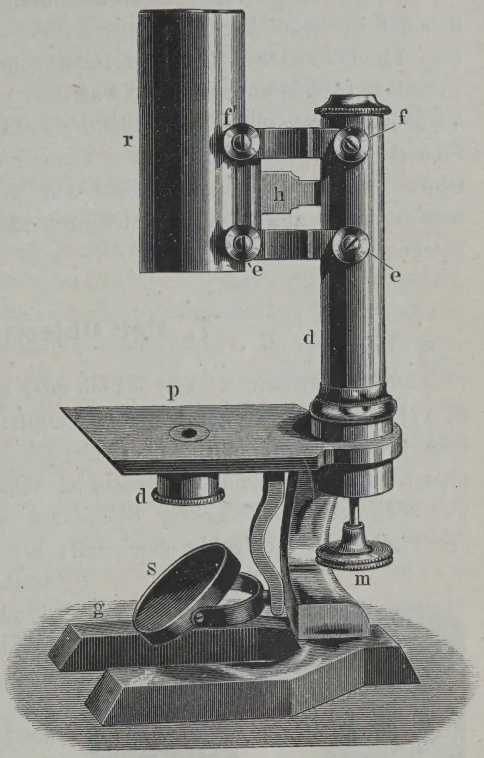
15.



16.

Mit der Säule *d* einestheils und der Mikroskophülse *r* anderentheils ist nun noch ein Hebelapparat verbunden, durch welchen eine genaue Verticalbewegung von Hülse und Tubus ermöglicht wird. Die äussere Ansicht der Hebeleinrichtung ist in Figur 17 in halber natürlicher Grösse dargestellt. Der Apparat besteht aus zwei Metallstücken *e e'* und *f f'*, welche vorn und hinten einen gabeligen Ausschnitt besitzen und mit diesem rechts und links sowohl Säule [*d*] als auch Hülse [*r*] willig umfassen. Acht Stellschrauben, die mit kegelförmigen Spitzen in conische Vertiefungen von Hülse und Säule eingreifen, befestigen die Hebel am Mikroskop und die Hülse an der Säule. Von diesen sind vier [*e*, *e'*, *f*, *f'*] in der Figur zu sehen,

die anderen befinden sich auf der abgewandten Seite der Abbildung. Wird nun *h* durch die Mikrometerschraube *m* etwas nach aufwärts bewegt, so machen auch die beiden Hebel diese Bewegung mit, da aber *e* und *f*, ferner *e'* und *f'* ihre gegenseitige Lage nicht ändern können, so ist dadurch eine vollkommen senkrechte Bewegung von *r* gegeben. In Wirklichkeit verändert allerdings durch diese Parallelogramm-Bewegung der Tubus seine Lage etwas nach vorn und hinten, allein bei der äusserst geringen Grösse der Bewegung, kann die Veränderung auch bei den stärksten Vergrösserungen factisch gleich Null gesetzt werden.



17.

b) Die Mikrometerschraube über dem Tische [Figur 16] ist constructiv noch einfacher als die soeben beschriebene. Der Tisch *t* trägt — vermittels der Schraube *s* angeschraubt — die massive Säule *k*. Dieselbe ist nicht cylindrisch, sondern drei- oder vierseitig-prismatisch. Ueber sie passt genau in die aus dickem Messingblech gefertigte Hülse *d d*, mit der der Zapfen *h* [welcher wie oben die Mikroskophülse *r* Figur 1 trägt], fest verbunden ist. Mit dem oberen Ende der Säule *k* ist das untere Ende der Mikrometerschraube fest, aber um die Achse drehbar, verbunden [*n n*]. Die Mikrometerschraube besitzt ihre Matrice in einer der Hülse *d* oben aufzuschraubenden Kappe *e e*. Die Stahlspirale *f* wäre hier zwar nicht unumgänglich nothwendig, sie ist aber zum sicheren und gleichmässigen Arbeiten der Vorrichtung sehr erwünscht, durch sie wird dem sogenannten todten Gange der Schraube abgeholfen.

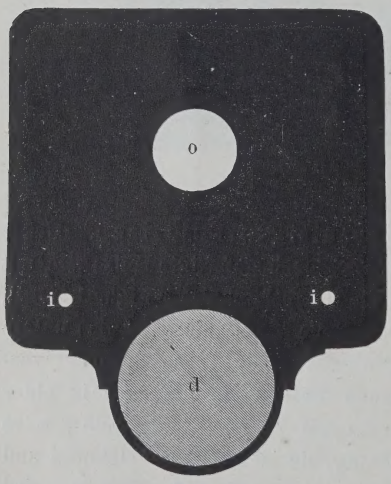
Ausser den beiden beschriebenen Constructionen von Mikrometer-

schrauben-Vorrichtungen sind noch manche andere in Anwendung, aber alle sind denselben ähnlich. Fast jede Firma giebt der Mikrometerschraube wie auch dem Stativ eine eigene Form und Einrichtung.

Ob sich die Mikrometerschraube oberhalb oder unterhalb des Tisches befindet ist ziemlich gleichgiltig, doch ziehen wir die Schraube unter dem Tische vor, weil bei ihrer Handhabung die Hand einer stützenden Unterlage [Mikroskopirtisch etc.] aufliegt und daher die bei sehr starken Vergrösserungen nicht ganz leichte, genaue Einstellung mit grösserer Sicherheit vorgenommen werden kann; zweitens, weil in diesem Falle Object, Blendvorrichtung, Spiegel und Mikrometerschraube, an denen man ja immer abwechselnd zu hantiren hat, möglichst nahe beisammen gelegen sind.

7. Der Objecttisch.

Der Objecttisch, Mikroskoptisch oder auch kurz der Tisch [*p* Figur 1, 17] ist eine solide gearbeitete Metallplatte, welche in Bezug auf den optischen Apparat eine unveränderliche Lage am Mikroskope einnimmt. Es muss nämlich die optische Achse des Mikroskopes eine genau senkrechte Stellung zur Ebene des Tisches besitzen. Die Form des Tisches ist rechteckig oder rund; beide Formen sind gleich praktisch, vorausgesetzt, dass die Tischplatte geräumig genug ist, um bequem auf ihr hantiren zu können. Kleine Objecttische sind ganz zu verwerfen; sie sollten zum wenigsten so gross sein, dass auch das grösste Objectträger-Format [s. dritter Abschnitt] noch nicht von Rand zu Rand reicht.



18.

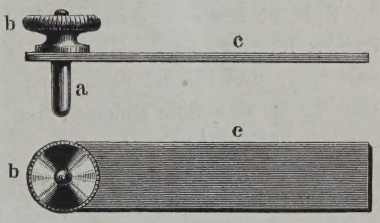
Figur 18 stellt die verkleinerte Skizze [$^5/_8$ der natürlichen Grösse] eines festen, eckigen Objecttisches dar. In der schraffirten Fläche *d* erhebt sich die Mikroskopsäule, welche den Tubus trägt. Des letzteren Achse ist genau über der Mitte der kreisrunden Tischöffnung *o* gelegen, durch welche das vom Spiegel reflectirte Licht zu dem auf dem Tische

liegenden Objecte dringt. Die Ecken der Tischplatte sind abgerundet, um zu vermeiden, dass sich daran der Mikroskopirende die Hände verletze. Um den Reflex von Lichtstrahlen seitens des Tisches zu verhindern giebt man ihm eine mattschwarze Farbe.

Grosse Mikroskope sind gewöhnlich mit drehbaren Tischen versehen, und in der That ist diese Einrichtung sehr zweckmässig, weil sie ermöglicht, ein Präparat um seine Achse zu drehen, ohne den Objectträger zu berühren. Anderentheils kann die Vorrichtung, wenn die runde, drehbare Tischplatte mit einer Gradtheilung versehen ist, und auf ein Merkzeichen einspielt, mit Erfolg bei der Messung von Winkeln mikroskopischer Krystalle verwandt werden. Im letzten Falle ist dann meist eine Schraubenvorrichtung angebracht, durch welche der Tisch, beziehungsweise das auf ihm liegende Object genau centrirt werden kann, so dass der zu beobachtende Theil desselben sehr genau mit der optischen Achse des Mikroskops zusammenfällt. In der Mikroskop-Abbildung Figur 1 ist ein solcher, dreh- und centrirbarer Tisch dargestellt. Die runde Platte *p* kann auf der festen, eckigen Unterlage in rotirende Bewegung gesetzt werden; um diese Bewegung mit der Hand sicher ausführen zu können, besitzt sie einen gekerbten Rand.

Es ist bisweilen nöthig, ein auf dem Tische liegendes Präparat unverrückbar fest zu fixiren; sei es, dass man eine ganz bestimmte Stelle des Objectes im Gesichtsfelde zu längerer Beobachtung behalten will, sei es, dass man [Figur 1] das ganze Mikroskop aus der verticalen Lage in eine schiefe Stellung zu bringen wünscht.

Zu diesem Zwecke dient eine einfache Klammervorrichtung. Es giebt solche verschiedenster Construction, eine recht brauchbare ist in Figur 19 abgebildet. Der Stahlzapfen *a* passt genau in ein seitliches Loch des Objecttisches [*ii* Figur 18]. Er wird in *i* hineingesteckt, die aus Stahl, Messing, Nickel etc. bestehende Klammer *c* aufgesetzt, so dass sie mit ihrem vorderen Theile dem Objectträger des mikroskopischen Präparates aufliegt, und nun die Schraube *b* aufgeschraubt, wodurch die Klammer und somit das darunterliegende Präparat fixirt wird. In einer anderen Modification werden wir die Klammer in der Folge bei Betrachtung des Präparirmikroskopes kennen lernen.



19.

Eine von dem Botaniker selten, von dem Zoologen aber häufiger verwandte Vorrichtung ist der heizbare Objecttisch. Er dient dazu, dem Präparate eine höhere constante Temperatur zu geben als die der umgebenden Luft. Ein solcher heizbarer Objecttisch ist z. B. von Max Schulze [52]) ersonnen. Er besteht aus einer Metallplatte, die mit Klammern auf dem Objecttische befestigt wird. Entsprechend der Objecttisch-Oeffnung besitzt diese eine Durchbohrung für die Beleuchtung; sie trägt noch vorn in der Mitte ein schief gestelltes Thermometer und läuft in zwei längere, zungenförmige Arme aus, welche weit über den Objecttisch vorragen. Unter diese kommen als Erwärmer zwei kleine Weingeistlampen. Das untere Ende des Thermometers greift gewunden um die Durchbohrung der Platte, so dass seine Scala wirklich genau die erhöhte Temperatur des Objectes angiebt.

8. Der Beleuchtungsapparat.

Der Beleuchtungsapparat besteht wesentlich aus zwei Instrumenten [cfr. pag. 17 f.], nämlich aus dem Spiegel und aus der Blendvorrichtung. Der Spiegel befindet sich unterhalb des Tisches, während die Blenden am Tische selbst und zwar an seiner Unterseite angebracht sind.

A. Der Spiegel. Der Spiegel wird gebildet aus einer kreisrunden Metallfassung von 30—50 mm Durchmesser [*s* Figur 1], welcher auf der einen Seite ein gewöhnlicher, planer Glasspiegel, auf der anderen Seite ein dito Hohlspiegel von sphärischer Gestalt eingelegt ist. Die die Spiegel tragende Fassung ist drehbar an einem Hebelwerke *h* befestigt; letzteres ist so construirt, dass die Spiegel nach rechts und links, nach vorn und hinten, nach oben und unten verschoben werden können. Man kann also dem Spiegel eine sehr verschiedene Stellung in Bezug zur Tischöffnung geben.

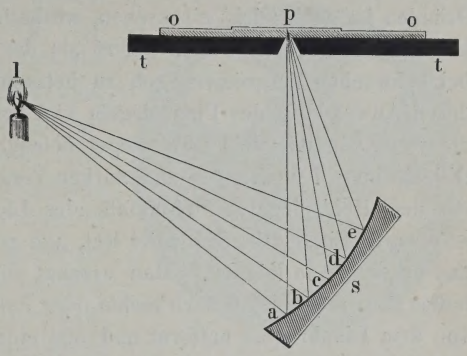
Es ist keineswegs gleichgiltig für die Beleuchtung des Objectes, ob man dazu den Planspiegel oder den Concavspiegel verwendet. Dieses wird sofort durch die folgenden Betrachtungen klar werden.

Nehmen wir an, es sei *l* [Figur 20] eine Lichtquelle, welche die Lichtstrahlen *la*, *lb*, *lc*, *ld*, *le* . . . . auf die in der Abbildung angedeutete Weise zu dem concaven Spiegel *s* sendet. Bekanntlich werden

---

[52]) Frey, Das Mikroskop, pag. 65.

von allen Concavspiegeln die sie treffenden Lichtstrahlen convergirend reflectirt, und es ist wohl ohne Weiteres einleuchtend, dass man durch richtige Stellung des Spiegels und seine Entfernung vom Objecte den Vereinigungspunkt *p* aller reflectirten Strahlen etwa mit dem Präparat zusammenfallen lassen kann, welches sich zwischen Objectträger *oo* und Deckglas auf dem Mikroskoptische *tt* befindet. In diesem Falle werden also durch den Concavspiegel sehr viele Lichtstrahlen auf einen kleinen Raum concentrirt; dieser kleine Raum — hier das Object — muss folglich sehr hell erleuchtet erscheinen.



20.

Aehnlich wie die soeben betrachteten, divergirend auf den Spiegel fallenden Lichtstrahlen verhalten sich auch die ihn parallel treffenden, also die des Tageslichtes, welches man gewöhnlich zu mikroskopischen Arbeiten verwendet.

Ganz anders wirkt der Planspiegel. Die ihn parallel, also unter gleichen Einfallswinkeln treffenden Lichtstrahlen werden alle unter demselben Reflexionswinkel gebrochen, verfolgen also nach der Reflexion parallel neben einander herlaufend den Weg zum Objecte. Nehmen wir nun an, es seien auf die Fläche des Spiegels *n* Lichtstrahlen gelangt, das Tischdiaphragma habe aber nur $^1/_{10}$ der Ausdehnung der spiegelnden Fläche, so folgt, dass der Planspiegel nur $n/_{10}$ Lichtstrahlen zur Beleuchtung des Objectes liefert, während unter gleichen Verhältnissen ein Concavspiegel von derselben Grösse alle auf ihn getroffenen *n* Lichtstrahlen zu dem Objecte entsendet. — Noch weniger werden die gedachten *n* Lichtstrahlen zur Objectbeleuchtung beitragen, wenn sie [wie in Figur 20] von einer nahen Lichtquelle divergirend auf den reflectirenden Planspiegel fallen; in diesem Falle werden sie divergirend von der ebenen Spiegelfläche reflectirt, verbreiten sich also über einen relativ grösseren Raum als vorhin.

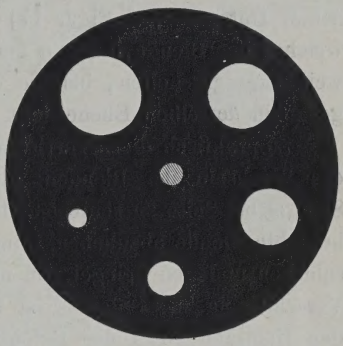
Aus diesen elementaren physikalischen Ueberlegungen ergiebt sich die Anwendung beider Spiegel ohne weiteres. Bei schwachen Objectivsystemen, wo ohnehin viele Lichtstrahlen in den optischen Apparat ge-

langen, wird man gewöhnlich den Planspiegel anwenden, schon aus dem Grunde, weil der Concavspiegel das Bild mit so vielem Lichte versehen würde, dass dieses dem Auge des Beobachters unbequem wird. Für stärkere und stärkste Systeme aber ist die Anwendung des hellsten Lichtes, also des Concavspiegels immer geboten. — Aus den angeführten Gründen ist auch leicht einzusehen, weshalb der Planspiegel im Ganzen kräftigere Begrenzungslinien liefert als der Concavspiegel. Sehr zarte, bei schwachen Vergrösserungen zu betrachtende Objecte können daher durch Anwendung des Planspiegels viel schärfer contourirt erscheinen als wenn sie mit dem Hohlspiegel beleuchtet werden. — Für manche Objecte muss bei mittleren und starken Vergrösserungen bei Beleuchtung mit dem Hohlspiegel schief-einfallendes Licht angewandt werden [wie es etwa in Figur 20 angedeutet ist], um gewisse feine Einzelheiten genau erkennen zu können. Man erzeugt dieses schief-einfallende Licht, indem man den Spiegel nach rechts oder links um einen gewissen Winkel von dem Diaphragma entfernt und ihm eine solche Neigung giebt, dass trotzdem der Strahlenkegel durch die Tischblende gelangt. Alsdann erhalten nämlich feine Contouren viel breitere Schatten als vorhin, sind dadurch natürlich bedeutend leichter zu erkennen. Die verschiedene Wirkung des gerade- und des schief-einfallenden Lichtes macht man sich am besten klar, wenn man eine Diatomee [z. B. *Pleurosigma formosum*, *angulatum* oder *balticum*] erst unter der einen, dann unter der anderen Beleuchtungsweise betrachtet.

B. Blendvorrichtungen. Nur in selteneren Fällen wird man jedoch durch den Spiegel allein die gewünschte Beleuchtung erzielen können; in vielen Fällen wird es hingegen wünschenswerth sein, die von dem Spiegel ausgehenden Randstrahlen abzuschneiden oder umgekehrt die Mittelstrahlen von dem mikroskopischen Bilde abzuhalten. Beides wird durch die am Tische angebrachten Blendvorrichtungen bewerkstelligt.

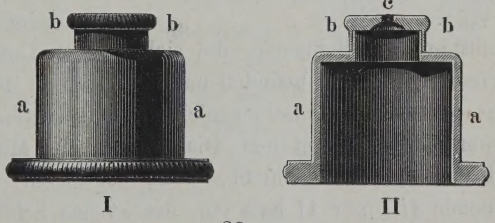
Bei älteren Instrumenten und bei den kleineren der Neuzeit geschieht die Abblendung der Randstrahlen durch die sogenannte Blendscheibe [Figur 21]. Es ist eine nicht zu dünne Scheibe von Metall; sie ist auf Oberseite und Unterseite geschwärzt und mit mehreren kreisrunden Löchern versehen, welche verschiedene Durchmesser haben und deren Mittelpunkte alle gleich weit vom Centrum der Scheibe entfernt sind. Das Centrum der Scheibe ist durchbohrt und in der Durchbohrung mit Hilfe eines Schraubenstiftes der Unterseite des Mikroskoptisches drehbar angeschraubt, dargestellt, dass bei jeder Umdrehung der Scheibe

vermittels des Fingers ihre Oeffnungen successive mit der Tischöffnung zusammenfallen und zwar genau Mittelpunkt auf Mittelpunkt. Es leuchtet ein, dass die Handhabung der Blendscheibe sehr einfach und bequem ist, allein sie bietet auch verschiedene, grosse Nachtheile, welche nicht ausser Acht gelassen werden dürfen. Erstlich ist es sehr schwierig, die Scheibe so genau zu arbeiten, dass alle Blenden tadelfrei centrirt sind, zweitens — und dieses ist ein sehr grosser Uebelstand — wird die Blende nicht in derselben Höhe mit der Oberfläche des Tisches eingeschaltet, sondern in derselben Höhe mit der Unterfläche des Tisches. Die Folge davon ist, dass sich oberhalb der Blende und unterhalb des Objectes ein Zerstreuungskegel von Lichtstrahlen bildet, welcher die Helligkeit des Bildes immerhin etwas beeinträchtigt. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes hat man daher der Scheibe die Gestalt eines Hohlkugelsegmentes gegeben und aus der Unterfläche des Tisches einen entsprechenden gewölbten Hohlraum herausgeschnitten, allein auch diese Construction gestattet keine vollständige Annäherung an das Object und die Schwierigkeiten betreffs der Centrirung werden noch grösser. Bei stärkeren und stärksten Immersionsvergrösserungen ist daher die Blendscheibe geradezu zu verwerfen.



21.

Die Cylinderblende ist eine Vorrichtung, welche die besprochenen Uebelstände der Blendscheibe vollständig vermeidet, und welche wegen ihrer Einfachheit und Zweckmässigkeit die letztere in der Neuzeit auch nahezu verdrängt hat. Sie besteht [Figur 22, I Ansicht, II Längsschnitt, natürliche Grösse] aus einem innen geschwärzten Hohlcylinder *a a*, welcher äusserlich genau abgedreht ist. Am oberen Ende verjüngt sich derselbe plötzlich in einen vorstehenden Rand von etwas geringerem Durchmesser als der des Diaphragma im Tische. Ueber diesen oberen Rand des Blendcylinders

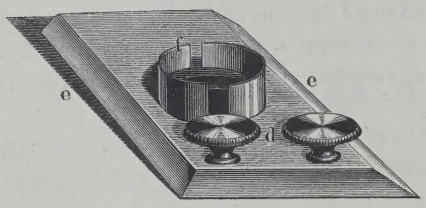


22.

lassen sich kleine Metallkappen stülpen [*b b*], welche in der Mitte mit kleineren oder grösseren Blendöffnungen [*c*] versehen sind. Der Durchmesser der Kappen [von *b* bis *b*] entspricht genau dem des Tischdiaphragma, die Oberfläche der Kappe ist vollkommen eben. Um diese Blenden mit dem Tische in Verbindung zu setzen, befindet sich an demselben [an seiner Unterseite, *d* Figur 17] ein etwas federnder Metallcylinder, in welchen der Blendcylinder *a* genau einpasst. Er wird in demselben soweit emporgeschoben, bis die obere Fläche von *b* mit der Tischfläche genau in derselben Ebene liegt.

So praktisch diese Vorrichtung ist, so ist bei ihrer Anwendung doch das Wechseln der Blenden eine umständliche Sache. Man hat den Spiegel bei Seite zu schieben, den Blendcylinder hervorzuholen, die gebrauchte Blende abzuheben, eine neue aufzusetzen, den Cylinder einzuschieben und den Spiegel von neuem zu richten. Zumal die jedesmalige Verschiebung des Spiegels ist unbequem, da es häufig zeitraubend ist, den richtigen Grad der Beleuchtung wiederzufinden. Man combinirt daher jetzt gewöhnlich die Cylinderblende mit dem Schlitten, bei dessen Anwendung ein Verschieben des Spiegels beim Wechseln der Blenden nicht stattfindet.

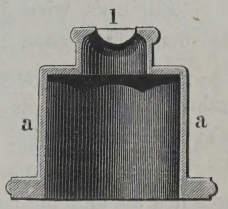
Der Schlitten [Figur 23] besteht aus einer rechteckigen, derben Metallplatte [*e e*] mit schräg abfallenden Rändern; in der Mitte ist sie durchbohrt und trägt hier eine federnde Hülse [*f*, entsprechend *d* Figur 17], welche dazu bestimmt ist, den Blendcylinder [*a* Figur 22] aufzunehmen. An ihrem vorderen Rande sind ausserdem noch die als Handhaben dienenden Schraubenköpfe *d* befestigt. Der Schlitten ruht in zwei Schienen, die sich an der Unterseite des Tisches [cfr. Figur 1, pag. 17] befinden und lässt sich in ihnen gleitend verschieben. Ist er ganz in die Schienenleitung eingeschoben, so fällt seine Durchbohrung genau mit dem Diaphragma des Mikroskoptisches zusammen [Figur 1]. Man schiebt, wenn der Schlitten hervorgezogen ist, die Blende [*i* Figur 1] halb ein, drückt den Schlitten zurück und bewegt nun den Blendcylinder vollends bis zur Oberfläche des Tisches vor.



23.

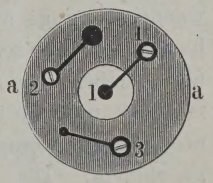
Für gewisse Zwecke empfiehlt es sich, zwischen Spiegel und Object noch eine Vorrichtung einzuschalten, welche die Eigenschaft besitzt, die vom Spiegel empfangenen Lichtstrahlen sehr genau auf einen

Punkt zu concentriren. Man wird dieses am besten erreichen durch eine Sammellinse von sehr geringer Brennweite; man verwendet gewöhnlich eine solche mit planconvexen Begrenzungsflächen, die convexe Oberfläche besitzt natürlich eine sehr starke Krümmung. Figur 24 stellt einen solchen, einfachen Condensor dar, welcher in den meisten Fällen vollkommen genügen wird. Es ist *a a* der Blendcylinder im Längsschnitt [also entsprechend *a a* II Figur 22]; an seinem oberen Rande trägt er die beschriebene Sammellinse in der Weise, wie es die Abbildung verdeutlicht [*l*]; über dieselbe können wie vorhin die kleinen Blendkappen geschoben werden.



24.

Alle bis jetzt betrachteten Blendvorrichtungen dienten dazu, die vom Spiegel zum Object gelangenden, schädlichen Randstrahlen abzublenden. In der neueren Zeit hat man das Augenmerk auch auf die Mittelstrahlen, welche vom Spiegel ausgehen, gerichtet; man hat gefunden, dass dieselben häufig das mikroskopische Bild beeinträchtigen. Zumal bei Anwendung eines Condensors ist dieses der Fall und man wird hier häufig zu ihrer Eliminirung schreiten müssen. Es kann sehr einfach durch Anwendung der Centralblenden geschehen. Eine Centralblende ist ein kleines, geschwärztes und kreisrundes Metallplättchen, welches sich an einem möglichst dünnen Metallstielchen befindet und welches durch irgend eine Vorrichtung in die Mitte der Condensorlinse gebracht werden kann. Figur 25 stellt beispielsweise eine schematisirte Zeichnung der Vereinigung von Centralblenden und Condensor vor, wie sie von der Firma Seibert und Krafft geliefert wird. *a a* ist die obere Fläche des Blendcylinders in der Aufsicht, *l* die Condensorlinse; *1*, *2*, *3* sind drei Centralblenden, sie sind um die in *a a* befindlichen Schrauben leicht drehbar und können beliebig [wie in der Abbildung der Blende 1] in die Mitte der Sammellinse gebracht werden. Dass sich Centralblenden in dieser oder ähnlicher Construction auch ohne den Condensor anwenden lassen, ist wohl selbstverständlich.



25.

C. Beobachtung bei künstlicher Beleuchtung. Das Mikroskop ist ein Apparat des Tages; die beste Lichtquelle für dasselbe ist das diffuse Tageslicht, wenn der Himmel gleichmässig mit einem transparenten, weissen Wolkenschleier bedeckt ist. Das Blau des wolken-

losen Himmels, die wechselnde Beleuchtung vorüberziehender Wolken, oder gar das directe Sonnenlicht sind gleich verwerflich für sorgfältige mikroskopische Beobachtungen. Hat man an einem sonnigen, wolkenlosen Tage nothwendiger Weise zu mikroskopiren, so thut man am besten, das von einer weissen Wand oder von einem grösseren, weissen Papierschirm reflectirte Sonnenlicht für die Beleuchtung zu verwenden.

Allein es wird dem Mikroskopiker doch dann und wann begegnen, bei dem künstlichen Lichte der Lampe mikroskopiren zu müssen, sei es, dass er an kurzen, dunkeln Wintertagen die Abendstunden zu Hilfe nehmen muss, sei es, dass er Fortpflanzungserscheinungen bei niederen Kryptogamen studirt, die sich nur während der Nachtstunden abspielen. Für diese Fälle muss man auf Mittel sinnen, um das künstliche Licht, welches an und für sich für die mikroskopische Beobachtung höchst untauglich ist, wenigstens zu verbessern. Das gelbe Licht des Leuchtgases oder des Petroleums besteht vorwiegend aus Lichtstrahlen, die der ersten Hälfte des Spectrums angehören, und diese sind dem Auge des Beobachters vor allem schädlich. Ferner wird, wenn man den Flammenkegel einstellt, das Gesichtsfeld gewöhnlich zu hell; stellt man hingegen die Lampenkuppel ein, so ist es zu dunkel. Um Helligkeit und Farbe passend zu modificiren, lassen sich folgende Mittel recht wohl empfehlen. Man stellt die am stärksten leuchtende Partie des Flammenkegels ein und schaltet dann dicht vor dem Spiegel einen senkrecht stehenden Schirm von dünnem, durchscheinenden Papier [Pausepapier] ein, den man sich in einigen Minuten leicht selbst anfertigen kann. Man hat dadurch die Helligkeit des Lichtes soweit gedämpft, dass es dem Auge nicht mehr wehe thut. Um die gelbe Farbe in eine bläuliche zu verwandeln, bringt man zwischen Spiegel und Blende ein Plättchen von blauem Kobaltglase. Ich bediene mich zu diesem Zwecke kleiner, runder Glasscheiben, von 13 mm Durchmesser und 2 mm Dicke; ihre Farbe ist mattblau und die Unterseite gleichmässig mattgeschliffen. Diese kleinen Platten werden dicht unter dem Diaphragma der Blendkappen angebracht. Die auf diese Weise erzielte Beleuchtung des Gesichtsfeldes ist ganz gleichmässig und sanft bläulich.

Noch besser und bequemer ist die folgende Einrichtung. Eine gewöhnliche Schusterkugel wird mit der herrlich dunkelblauen Lösung von Kupferoxydammoniak gefüllt und zwischen die Lichtquelle [Gaslampe] und den Spiegel gebracht, dergestallt, dass man den hellsten von ihr erzeugten Lichtcomplex leicht einstellen kann. Man erhält auf diese Weise eine Beleuchtung des Gesichtsfeldes, wie man sie sich bei Abend nur wünschen kann. Die passendste Concentration des Kupfer-

oxydammoniak wird man durch einige Versuche leicht ausfindig machen.

9. Der Mikroskopfuss.

Die Anforderungen, denen der Fuss, der Träger des Mikroskopes gerecht werden muss, sind zwei: das Mikroskop muss fest und sicher auf ihm ruhen. Der Fuss darf also weder zu leicht noch zu klein sein. Früher gab man den Mikroskopfüssen eine scheiben- oder tafelförmige Gestalt, man stellte sie von Messingblech her und goss sie mit Blei aus. Diese Füsse leiden aber an dem Uebelstande, dass sie mit ihrer gesammten Fläche auf der Unterlage ruhen; ist nun dieselbe oder die Unterlage [Tisch etc.] nicht ganz eben, so wird das Mikroskop bei der leisesten Berührung wackeln. Man hat daher in neuerer Zeit bei grösseren Instrumenten den Hufeisenfuss [*ff'* Figur 1, pag. 17] eingeführt, dem man nach hinten zu eine Stütze in Form eines Zapfens giebt. Entweder ist der Fuss unten ganz eben abgeschliffen oder er besitzt noch besser [wie in Figur 11] drei derbe Vorsprünge, auf denen das Instrument ruht. Der Hufeisenfuss muss so gross sein, dass er — wenn man auf das Mikroskop von oben sieht — an allen Seiten über den Objecttisch hervorragt. Dass mit ihm sowohl die Säule wie der Mikroskoptisch massiv [und letzterer unbeweglich] verbunden sein müssen, haben wir bereits hervorgehoben.

Ganz zu verwerfen sind die zusammenlegbaren Mikroskopfüsse, welche aus drei Gelenken bestehen [z. B. bei alten Schieck'schen Instrumenten]. Sie geben niemals einen festen Halt und sind das Unpraktischste, was man je am Mikroskop ersonnen hat. Wir wollen sie höchstens an Reisemikroskopen dulden, an denen sie wohl ihrer Compendiosität wegen einige Berechtigung haben.

10. Regeln für den Gebrauch des Mikroskops.

Ein gutes Instrument ist ein kostbarer Gegenstand, aber ein durch Nachlässigkeit verdorbenes Mikroskop ist das Hässlichste, was man sehen kann. Bei richtiger Behandlung bleibt ein Mikroskop selbst bei häufigem Gebrauch jahrelang unverändert, vorausgesetzt, dass es seinem Erzfeinde, dem Staube, nicht zu sehr ausgesetzt wird und dass man es nach jedesmaligem Gebrauche vollständig reinigt. Es wird nicht überflüssig sein, hier einige Winke über das Reinhalten des Mikroskopes anzufügen.

Das Reinhalten der Metalltheile ist eine leichte Sache. Sie werden nach dem Gebrauche mit Wildleder oder mit Leinwand sorgfältig abgerieben. In gewöhnlichen Fällen werden sie durch trocknes Abreiben wieder spiegelblank werden, übrigens kann man hier und da reines Wasser zu Hilfe nehmen, z. B. beim Abreiben des Objecttisches. Alkohol und dergleichen darf aber unter keiner Bedingung zum Reinigen des Mikroskopstativs gebraucht werden, schon aus dem Grunde nicht, weil dadurch der Goldlack, mit dem die blanken Mikroskoptheile überzogen sind, aufgelöst werden würde. Es ist aber seine Anwendung auch nicht nöthig, da ja bekanntlich am Mikroskop keine Schraube mit Oel, Glycerin etc. eingeschmiert werden darf. Sorgfältigste Reinigung verdienen die matten Theile des Oculars, soweit es in den Tubus versenkt wird, der Tubus, soweit er in der Hülse läuft, endlich der Blendcylinder. Denn werden diese Theile nicht rein gehalten, so setzt sich an ihnen bald eine Staubschicht in Vereinigung mit Anfängen von Grünspahnbildung an, sie passen dann nicht mehr in die zugehörigen Röhren hinein und man erfährt beim Gebrauch eines solchen Instrumentes die ärgerlichsten Störungen. Sie können zwar mit einer flachen Trippel-Lederfeile, selbst mit sehr feinkörnigem Schmirgelpapier wieder gereinigt werden, dazu gehört aber Geschick und Aufmerksamkeit, weil man sonst den betreffenden Theil leicht verderben kann — am besten ist es also, man lässt es dahin gar nicht kommen.

Das Reinhalten der Gläser erfordert noch weit grössere Sorgfalt. Viele Leute glauben, der optische Apparat eines Mikroskopes sei dann rein, wenn in dem Gesichtsfelde keine Staubtheilchen sichtbar sind. Allein dies ist nur ein Beweis dafür, dass das untere Ocularglas, die Collectivlinse [pag. 31 ff.], rein war. Staubpartikelchen, welche am Objectivsystem heften, kann man — wie eine einfache Ueberlegung ergiebt — im Gesichtsfelde nicht sehen, aber sie üben auf das mikroskopische Bild den störendsten Einfluss aus, da durch sie das Bild nebelig wird und an Deutlichkeit beträchtlich abnimmt. Es ist daher nöthig, sowohl Ocular wie Objectiv von Zeit zu Zeit sorgfältig zu reinigen. Als Reinigungsmittel verwendet man alte, ganz weiche, wiederholt in destillirtem Wasser gewaschene Leinwand, weiche Haarpinsel und destillirtes Wasser.

Die Reinigung des Oculars geschieht auf folgende Weise. Angenommen, es sei ganz schmutzig, so werden beide Gläser abgeschraubt und vorläufig mit trockner Leinwand abgewischt. Dann feuchtet man reine Leinwand mit destillirtem Wasser an und reibt die Gläser auf beiden Seiten anhaltend ab. Dies kann nöthigenfalls wiederholt werden, dann aber

werden sie vollständig trocken gerieben und zum Schluss fegt man die anhaftenden Leinwandfäserchen mit einem feinen reinen Haarpinsel sanft ab. Man erhält auf diese Weise ganz reine Gläser. Um sich von ihrer Reinheit zu überzeugen, nimmt man folgende Probe vor. Man haucht das reine Glas ein wenig an; war es wirklich rein, so verschwindet der Anflug ganz gleichmässig, lagen Staubtheilchen etc. auf demselben, so bildet sich um diese herum eine kleine Zone, an welcher der angehauchte Wasserdampf etwas später verdunstet als an den reinen Stellen.

Das Objectiv wird in ähnlicher Weise gereinigt. Da seine drei Linsen vom Mechaniker luftdicht mit einander verbunden sind, so ist es kaum möglich, dass sich zwischen ihnen Staubtheilchen ansammeln: man wird also nur die oberste und die unterste Linsenfläche zu reinigen haben. In gewöhnlichen Fällen kann es wie beim Ocular geschehen. Da das oberste Objectivglas oft schwer zugänglich ist, so stellt man sich zweckmässig ein Holzstäbchen her, welches an einem Ende mit einem kleinen Leinwandbausche überbunden ist; mit diesem sucht man dann von oben die Linse zu erreichen. Sollte die untere Objectivlinse bei Anwendung von Reagentien durch Unachtsamkeit von diesen benetzt sein, so müssen dieselben sofort durch wiederholtes Abspülen mit destillirtem Wasser vollständig entfernt werden. Mit Wasser wird man auch hier in gewöhnlichen Fällen auskommen; sollte aber einmal die Anwendung von Alkohol geboten erscheinen, so hat man sich dieses Stoffes nur mit grösster Vorsicht und mit grösster Schnelligkeit zur Reinigung des Objectivs zu bedienen. Man könnte nämlich im Gegentheile leicht Gefahr laufen, dass derselbe in die Linsenfassung eindringt, die Schicht von Canadabalsam, welche das Flint- und Crownglas verbindet, theilweise löst, und so dass ganze System verdirbt. Ob ein Objectivglas rein ist, prüft man in der schon angegebenen Weise oder indem man das Bild eines Fensters sich darin spiegeln lässt und dieses auf seine Reinheit mit der Lupe prüft.

Für die gute Instandhaltung des Mikroskopes ist ausser dem Reinigen auch die Handhabung der Schrauben von Wichtigkeit. Das gilt zumal von der Matrice des Tubus und der dazu passenden Patrice an den Objectivsystemen. Da diese bei fast jedem Wechsel der Vergrösserung an- und abgeschraubt werden müssen, und da durch schiefes Einsetzen die ganze Schraubeneinrichtung leicht lädirt werden kann, so empfiehlt sich das folgende Verfahren des Anschraubens, wodurch der Apparat ungemein geschont wird. Man setzt das System mit seinem Gewinde an das untere Tubusende und bewegt es gegen dasselbe, als wenn man es im umgekehrten Sinne in das Schraubengewinde ein-

drehen wollte. Hierbei wird man nach einigen Augenblicken ein eigenthümliches, kurzes Geräusch hören, welches dadurch entstand, dass das Gewinde in seine Mutter einfasste. Nun dreht man das Gewinde in der entgegengesetzten Richtung vollends ein.

Weiter hat man beim Gebrauche des Mikroskopes die grösste Sorgfalt auf die Einstellung zu verwenden. Bei starker Vergrösserung ist das Objectiv dem unter Glas liegenden Präparate ungemein genähert und man hat sich daher beim Einstellen zu hüten, dass man nicht das Präparat oder auch gar das Objectivsystem zerstört. Manche Mikroskopiker bringen die Einstellung so zuwege, dass sie den Tubus mit der Hand oder dem Trieb so weit nach abwärts bewegen, bis das Object ungefähr eingestellt ist, und dann mit der Mikrometerschraube fein einstellen. Bei schwachen Vergrösserungen ist das auch statthaft; bei starken Vergrösserungen aber, für Anfänger auch bei schwachen, empfehlen wir die folgende, umgekehrte Methode. Man lässt den Tubus, indem man sowohl ihn wie auch das Präparat auf dem Objecttische von der Seite scharf ansieht, bis dicht auf das Object herab, nähert ihn dem Objecte viel mehr als es die Einstellung erheischen würde. Nun bewegt man ihn mit der Hand oder dem Trieb nach aufwärts bis zur groben Einstellung und stellt dann frei ein. Die zuletzt beschriebene Methode der Einstellung bietet vollkommene Sicherheit für das Objectiv wie für das Präparat.

Was die zur Beobachtung zu verwendenden Präparate anbelangt, so ist es klar, dass auch ihre Glasbedeckung, soweit sie über oder unter dem Objecte gelegen ist, ganz rein sei. Dauerpräparate, d. h. solche, welche längere Zeit hermetisch verschlossen aufbewahrt werden [s. dritter Abschnitt], sind vor jeder Besichtigung mit Leinwand abzuwischen; werden sie mit Immersionssystemen betrachtet, so muss nachher der Immersionstropfen sorgfältig von ihrer Oberfläche entfernt werden.

Will man ein Präparat längere Zeit beobachten und während der Zwischenzeit nicht vom Objecttische nehmen, so stülpt man über das Mikroskop eine geräumige Glasglocke, welche in dem Falle fast vollständig staubdicht schliesst, wenn sie und das Mikroskop auf einer Holzplatte ruhen, die mit weichem Leder oder Tuch überzogen ist.

Wenn man im Winter das Mikroskop aus einem ungeheizten Raume in einen geheizten bringt, so beschlagen bei der Beobachtung von der Körperwärme gewöhnlich die Oculargläser, weil sich der massive Messingkörper nur langsam erwärmt. Man thut daher in diesem Falle gut, das Instrument schon geraume Zeit vor Beginn der Arbeit in die Nähe des Ofens zu stellen, jedoch nicht gar zu dicht an denselben.

Wird das Mikroskop längere Zeit nicht benützt, so verschliesst man es in dem beigegebenen Mahagonikasten, welcher zu seiner Aufnahme bestimmt ist. Zweckentsprechend würde es sein, diesen in einem kleinen, genau schliessenden Schranke zu verwahren, in welchem sich ein Schälchen mit Chlorcalciumstücken befindet. Man ist so vor dem Rosten der Stahltheile, wie vor Grünspahnbildung am Messing hinreichend gesichert. — Nie sollten das Mikroskop und unter keiner Bedingung die Objective in einem Schranke aufbewahrt werden, in welchem zugleich die Reagentien [s. vierter Abschnitt] untergebracht sind. Auch aus den dichtest verschlossenen Reagenzgläsern treten Säuredämpfe aus, die bei längerer Einwirkung auf jeden optischen Apparat sehr schädlich wirken.

ZWEITER ABSCHNITT.

Mikroskopische Nebenapparate.

Unter dieser Bezeichnung fassen wir eine Reihe von Apparaten zusammen, welche bei der mikroskopischen Untersuchung häufig Verwendung finden. Die meisten von ihnen werden mit dem optischen Apparat des Mikroskopes selbst in Verbindung gesetzt. Die wichtigsten hier von uns zu besprechenden mikroskopischen Nebenapparate sind: das Präparirmikroskop, die Apparate zum Zeichnen mikroskopischer Bilder, das Mikrometer, der Polarisationsapparat, das Goniometer und der mikroskopische Spectralapparat.

I. Das Präparirmikroskop.

Das Präparirmikroskop dient dazu, um solche Objecte, welche bereits durch Schneideinstrumente für die mikroskopische Beobachtung vorbereitet wurden [vergl. dritter Abschnitt], vorläufig bei schwacher Vergrösserung zu betrachten, eventuell auf dem Objectträger zurecht zu legen oder mit Hilfe kleiner Nadeln und Messerchen des Weiteren für die Beobachtung geeignet zu machen, zu präpariren.

Das Präparirmikroskop [einfaches Mikroskop, vergl. pag. 14] besteht im Wesentlichen aus einer Stativlupe, in deren Focus der das Präparat tragende Objectträger gebracht werden kann; ein unter demselben befindlicher Spiegel versieht das Object mit dem nöthigen Licht.

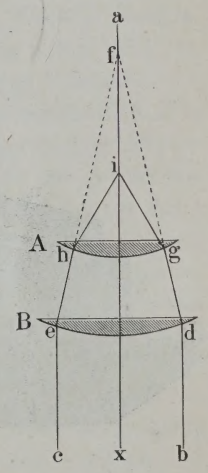
Hugo v. Mohl [1]) hat ein solches äusserst einfaches Präparirmikroskop construirt [Mohl's Lupenträger]. Eine Lupe

[1]) H. v. Mohl, Mikrographie pag. 35 Tafel I Figur 37.

befand sich an einem zweigelenkigen Hebel, dieser war auf einem Kasten befestigt, in dessen obere Wand eine Glasplatte eingelassen war. Unter der Glasplatte war ein gewöhnlicher, um seine Achse drehbarer Planspiegel angebracht, der Kasten war an der vorderen Seite offen.

Mit Hilfe der einfachen Lupe lassen sich jedoch nur relativ sehr schwache Vergrösserungen erzielen; man müsste ihr denn eine sehr starke Oberflächenkrümmung geben, wodurch aber ihre Brennweite eine sehr kurze wird, die Objecte sich ganz in ihrer Nähe befinden und für die Präparirnadeln schwer erreichbar sind. Man wendet aus diesem Grunde seit längerer Zeit nicht einfache Vergrösserungsgläser an, sondern Combinationen von zweien oder dreien. Man erzielt dadurch eine Verkürzung der Brennweite, also eine stärkere Vergrösserung, ohne dass der Focalabstand des Objectes von der unteren Linse verringert wird. Combinationen aus zwei derartigen Gläsern nennt man Doublets, aus drei Gläsern Triplets.

Die einfache Wirkung des Doublet wird aus Figur 26 sofort klar. A, B sind die beiden vergrössernden Linsen, ax ihre gemeinsame Achse. Das Lichtstrahlenbündel bd, ce, welches von dem zu vergrössernden Gegenstande ausgeht, trifft die nach unten gerichtete Krümmung der unteren Linse in de, es wird nun derartig gebrochen, dass, wenn die Linse A nicht vorhanden wäre, der Vereinigungspunkt der sämmtlichen Lichtstrahlen in f läge. Allein in g und h, in welchen Punkten der convergirende Strahlenkegel die zweite Linse A trifft, erfährt er nochmals eine Brechung, in Folge welcher der Vereinigungspunkt nach i verlegt wird. Durch Einschaltung der Linse A ist also die Brennweite von B an das Stück fi verkürzt. [2])

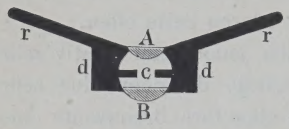


26.

Da durch die Combination der Punkt i, d. h. derjenige Punkt, in welchen beim Betrachten des vergrösserten Gegenstandes das Auge des Beobachters gebracht werden muss, sehr nahe über der Begrenzungsfläche der oberen Linse gelegen ist, so muss, um diesen Punkt für das Auge erreichbar zu machen,

[2]) Dass die Doublets und Triplets auch aplanatisch gemacht werden können, indem man die Gläser aus Doppellinsen von Crown- und Flintglas herstellt, braucht wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden.

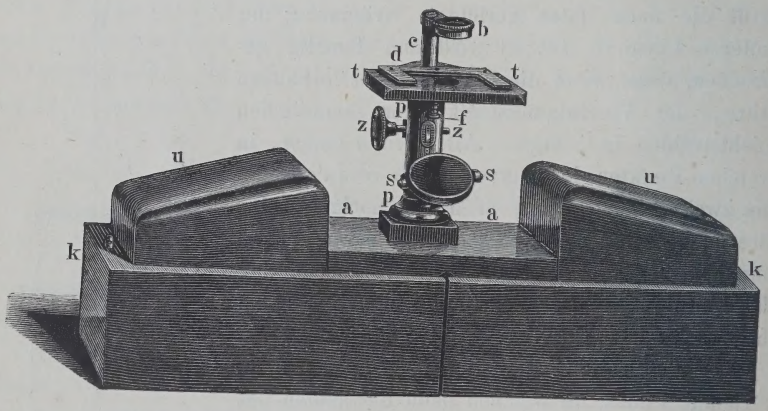
dem Doublet eine ganz eigenthümliche Fassung gegeben werden. Diess sogenannte Tellerfassung ist in Figur 27 abgebildet. Der Metallcylinder *dd* trägt bei *A* und *B* die beiden Doubletlinsen; zwischen ihnen findet sich die feste, geschwärzte Metallblende *c*, welche die Randstrahlen von *B* abhält. Bei *A* erweitert sich der Cylinder in einen ganz flachen, trichterförmigen Rand *r*, welcher so gross ist, dass er mindestens das Auge vollständig bedeckt. Er ist, um von aussen auf ihn treffende Lichtstrahlen zu vernichten, mattschwarz.



27.

Einige Beispiele werden uns mit der Construction wie mit der äusseren Erscheinung des Präparirmikroskopes am schnellsten bekannt machen.

Ein recht brauchbares und empfehlenswerthes einfaches Präparirmikroskop [Simplex] wird von der Firma Seibert & Krafft in Wetzlar geliefert; es ist in Figur 28 in etwa ein Drittel der natürlichen Grösse



28.

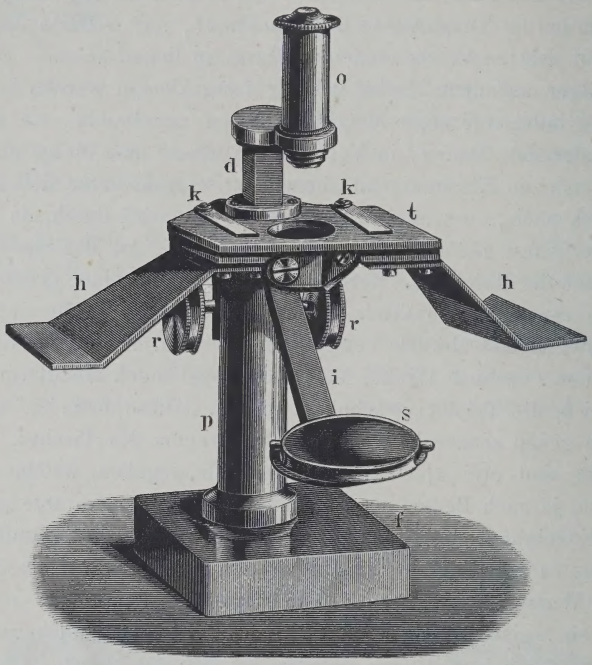
abgebildet. Dasselbe ist in einem Mahagonikasten *kk* compendiös zusammenlegbar; soll es benützt werden, so wird der Kasten aufgeklappt, wie es die Figur zeigt, der Holztheil, an dem das eigentliche Instrument befestigt ist, auseinander gelegt [*aa*, *uu*] und durch zwei an seiner Unterseite befindliche Messingscharnire in dieser Stellung fixirt. Man setzt diesen Theil nun auf den aufgeklappten Untersatz wie es in der Abbildung geschehen.

Das Instrument besteht aus einer massigen, festen Messingsäule [*pp*], welche unten in eine viereckige Platte endigt und hier vermittels vier Stahlschrauben auf *a a* aufgeschraubt ist. An der Säule befindet sich zunächst der Hohlspiegel *s s*; er ist sowohl um seine Achse als auch nach rechts und links willig drehbar. Er sendet das von ihm reflectirte Licht durch das Diaphragma des Tisches *t t*, auf welchen der Objectträger mit dem zu bearbeitenden Präparat zu liegen kommt. Damit der Objectträger auf dem Tische gehörig festgeklemmt werden könne, ist hier eine hufeisenförmige Metallklammer *d* angebracht; sie steht mit einem federnden Zapfen *f* in Verbindung; drückt man diesen nach oben, so hebt sich die Klammer und nimmt das Präparat unter sich auf; lässt der Druck nach, so senkt sie sich wieder und wird durch die Wirkung der Feder *f* fest auf den Objectträger gepresst. An der Säule befindet sich ferner der Trieb *z z*. Rechter Hand ist er mit einer grossen Handschraube versehen, vermittels welcher die cylindrische Messingstange *c* nach aufwärts und abwärts bewegt werden kann. Am oberen Ende trägt *c* einen unter rechtem Winkel nach vorn abgehenden Metallarm, in den vorn, bei *b*, die Triplets geschoben werden. Diese befinden sich dann natürlich genau senkrecht über dem Diaphragma des Tisches. Dem Instrumente sind drei aplanatische Triplets beigegeben, welche drei verschiedene, je nach Bedarf zu wählende Vergrösserungen erzeugen.

Der Gebrauch des Präparirmikroskopes ist leicht verständlich. Man bringt das zu bearbeitende Präparat auf den Objectträger in einen grossen Tropfen Wasser, klemmt es auf dem Tische fest, setzt das gewünschte Triplet ein, giebt dem Spiegel die richtige Stellung und bewegt nun *c* durch den Trieb soweit nach abwärts, bis sich das Object im Focus des Triplets befindet. Alsdann fasst man mit jeder Hand eine Präparirnadel, ein Messerchen etc., legt die Hände den diesen Zwecken dienenden Holzböcken *u u* auf und beginnt die weitere Präparation, wie sie im dritten Abschnitte ausführlich beschrieben werden soll.

Ein anderes Präparirmikroskop, welches aber in seinem optischen Theile mehr dem zusammengesetzten ähnelt; ist von Zeiss in Jena construirt worden; wir sehen es in Figur 29 abgebildet. — Ein viereckiger Metallfuss mit gestumpften Seitenkanten [*f*] trägt eine senkrechte, feste Messingsäule *p*. Auf derselben ist der Tisch *t* befestigt, an dessen Unterseite ein sehr praktisch eingerichtetes Hebelwerk *i* den Doppelspiegel [plan und concav] *s* trägt. Am Tische können auch rechts und links die eigenthümlich gestalteten, mit Leder überzogenen Metallklappen *h h* befestigt werden, auf denen beim Präpariren die Hände ruhen [also

entsprechend *uu* Figur 28]. Zum Fixiren des Objectträgers dienen die Klammern *kk*. In *p* läuft die vierseitig-prismatische Metallstange *d*; sie wird ähnlich wie oben durch die beiden Triebschrauben *rr* leicht nach aufwärts und abwärts bewegt. An ihrem oberen Winkelarme kann der

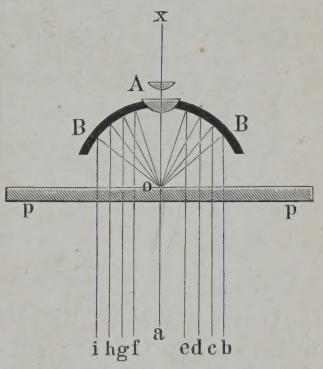


29.

optische Apparat des Instrumentes, *o* durch Anschrauben befestigt werden. Dieser besteht aus einem Linsensystem von drei achromatischen Linsen, das sich am unteren Ende von *o* befindet, und aus einem Concavglase am oberen Ende, welches als Ocular wirkt. Das Objectiv kann entweder mit allen drei Linsen, oder mit den beiden oberen, oder mit der obersten allein benützt werden, wodurch Vergrösserungen von 100, 60 und 40 erzeugt werden. Ein beigegebenes schärferes Oculargias steigert die Vergrösserung bis auf 150, während die Objectivlinsen, einzeln benützt, Lupen von ausgezeichneter Schärfe mit 30-, 20- und 15facher Vergrösserung abgeben. Der Focalabstand ist bei den zwei höchsten Vergrösserungen der ganzen Combination noch neun Millimeter, bei den schwächeren beträchtlich grösser

bis 27 mm.[3]) Es erlaubt dieses Instrument also noch bei relativ hoher Vergrösserung den ungehinderten Gebrauch der Präparirnadeln, und dieses ist jedenfalls ein grosser Vortheil, den es vor den Präparirmikroskopen mit Doublets oder Triplets voraus hat.

Allseitige Beleuchtung von Gegenständen unter dem Präparirmikroskop. Der Botaniker findet häufig Gelegenheit, unter dem Präparirmikroskop opake Gegenstände behandeln zu müssen; er wird nicht selten solche auch auf ihre Oberflächenstructur mit dem Simplex zu untersuchen haben. In diesem Falle ist es wünschenswerth, dieselben allseitig zu beleuchten, d. h. sowohl von oben als auch von unten. Es geschieht vermittels eines metallenen [silbernen] Hohlspiegels, welcher so angebracht ist, dass sich die vergrössernden Linsen [*A* Figur 30] in einem Ausschnitte der Mitte seiner Krümmung befinden. Wie der Hohlspiegel wirkt, ist ja allgemein bekannt und wird aus Figur 30 ohne Weiteres klar. Die Lichtstrahlen *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i* treffen auf die blanke Spiegelkrümmung *B B*, sie werden alle nach dem Punkte *o* hin reflectirt; hier befindet sich das auf dem Objectträger liegende Präparat. Der Punkt *o* ist natürlich zugleich der Brennpunkt für die Linsen *A*.



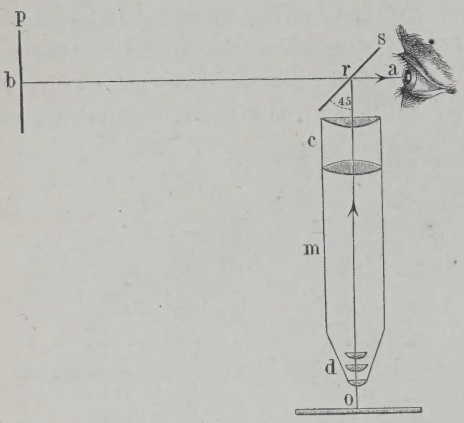
30.

II. Apparate zum Zeichnen mikroskopischer Bilder.

Angenommen, es sei *m* Figur 31 die Röhre eines Mikroskops, *d* das Objectiv, *c* das Ocular. Das auf dem Objecttische liegende Präparat *o* sendet den hier als mathematische Linie gedachten Strahlenbüschel *or* aus, welcher, in der früher beschriebenen Weise gebrochen, aus dem Ocular in der verticalen Richtung *or* tritt. Bringe ich dicht über das Ocular einen

[3]) Max Schultze im Archiv f. mikr. Anatomie Bd. VI. (1869).

kleinen Spiegel von Glas, s, der gegen den austretenden Lichtstrahl im Winkel von 45° gerichtet ist, so wird der Strahl unter dem gleichen Ausfallswinkel [ars] von dem Spiegel zurückgeworfen, verwandelt also seine verticale Richtung in eine horizontale. Mein in den Punkt a gebrachtes Auge wird also das mikroskopische Bild wahrnehmen, natürlich als Spiegelbild. Ist aber der Spiegel s zugleich durchsichtig, so wird das in a befindliche Auge auch durch den Spiegel hindurchblicken und ein hinter demselben senkrecht aufgestelltes Blatt Papier [p] wahrnehmen; es erscheint ihm dann das mikroskopische Bild auf dem Papiere gelegen zu sein; durch den Spiegel wird das mikroskopische Bild auf das Papier projicirt. Wählen wir den Abstand rb gleich ro, so wird das Bild in derselben Grösse auf das Papier projicirt wie wir es im Mikroskop sehen würden.

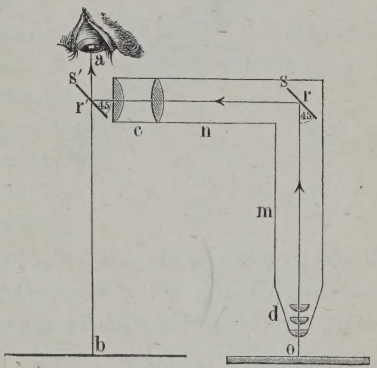


31.

Von der Wirkung dieser einfachsten Zeichenvorrichtung kann man sich leicht auf folgende Weise überzeugen. Vermittels eines Tröpfchen Wachs wird ein möglichst dünnes, ganz reines Deckgläschen so auf das Ocular aufgeheftet, dass es gegen dieses einen Winkel von 45° einnimmt. Beleuchtet man nun das Gesichtsfeld stark und setzt eine schwache Vergrösserung ein, so wird man das Bild eines darunter liegenden Gegenstandes auf einem in b angebrachten, etwas beschatteten Papierstück wahrnehmen. Mit einem gespitzten Bleistifte kann man dann die gröberen Contouren auf dem Papiere leicht nachziehen, da man ja zugleich Bild und Bleistiftspitze sieht. Diese einfache Vorrichtung würde zum Nachzeichnen mikroskopischer Bilder auch vollständig genügen, wenn sie nicht zwei Uebelstände hätte. Erstlich hat die Papierfläche eine sehr ungünstige Lage, da sie der zeichnenden Hand nicht den geringsten Stützpunkt gewährt, also die Nachzeichnung in rauhen Contouren ausfallen würde, und zweitens ist das erzeugte Reflexionsbild sehr lichtschwach. Bei der Reflexion an dem durchsichtigen Spiegel gehen

nämlich nach den Untersuchungen Fresnel's 0·944 sämmtlicher auf denselben getroffenen Strahlen durch ihn hindurch, nur 0·066 gelangen zur Brechung und kommen dem Reflexionsbilde zu Gute, so dass dieses nur $^1/_{17}$ der Helligkeit des Originalbildes haben kann. Die beregten Uebelstände lassen sich aber auf folgende Weisen ganz oder zum grössten Theile abstellen.

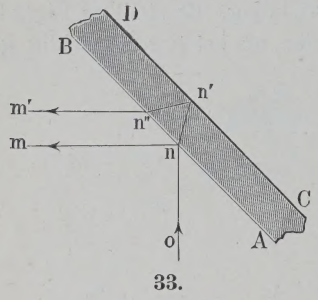
Um das Bild auf eine horizontale Fläche zu projiciren, bedient man sich einer doppelten Reflexionsvorrichtung. Es stellt *m* Figur 32 wiederum die Mikroskopröhre dar; dieselbe ist bei *r* rechtwinklig geknickt und trägt hier, bei *s*, einen kleinen, möglichst dünnen Glasspiegel, der gegen den Lichtstrahl *or* einen Winkel von 45° einnimmt. Der auf *s* treffende Strahl wird hier in der Richtung *rr'* reflectirt und tritt durch das Ocular *c*. Vor demselben befindet sich das durchsichtige Spiegelchen *s'* in 45°-Stellung, dadurch erhält der Lichtstrahl die Richtung *r'a* und ein in *a* senkrecht nach unten sehendes Auge wird also das Bild scheinbar auf der horizontalen Fläche [in *b*] erblicken; auf einem hier angebrachten Stück Papier kann es bequem nachgezeichnet werden. — Man kann sich den Apparat sehr leicht aus einer rechtwinklig gebogenen Röhre von Pappe, die auf die Mikroskopröhre passt und in die bei *c* ein Ocular geschoben werden kann, herstellen. Den Spiegel *s*, welcher aus einem recht dünnen Deckgläschen besteht, schwärzt man am besten auf der Rückseite mit chinesischer Tusche. Bei schwachen, lichtstarken Vergrösserungen lässt sich dieser einfache Apparat ganz zweckmässig als Vorrichtung zum Zeichnen verwenden. Um beim Spiegel *s'* den Verlust einer so grossen Quantität Licht zu vermeiden, welche wegen des Durchtrittes durch denselben gar nicht zur Reflexion gelangt, kann man an seiner Stelle ein kleines, undurchsichtiges Metallspiegelchen anbringen. Dasselbe — welches passend an einem ganz dünnen Metallstiele befestigt ist und aus Silber besteht — muss jedoch kleiner sein als die Pupillenöffnung des Auges, denn nur in diesem Falle wird das Auge neben demselben vorbeisehen können, das darunter liegende Papierstück wahrnehmen, und so die scheinbare Projection des Bildes auf das Papier



32.

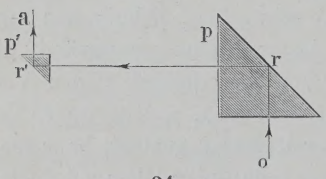
vollziehen. Die Erfindung des kleinen Metallspiegelchens zum Zwecke des Zeichnens stammt von Sömmerring her [Sömmerring'scher Spiegel].[4])

Die Anwendung von reflectirenden Glasspiegeln hat überhaupt immer einen grossen Nachtheil, da durch dieselben das Reflexionsbild keineswegs in der nöthigen Schärfe erscheint. Dieses hat in Folgendem seinen Grund. Nehmen wir an, es sei [Figur 33] $ABCD$ das vergrösserte Stück eines hinten geschwärzten Glasspiegels im Durchschnitt. Auf diesen Spiegel fällt unter einem Winkel von 45° der Lichtstrahl on in n. Hier erfährt ein Theil des Lichtstrahles eine Reflexion, in Folge welcher dieser Theil die Richtung nm annimmt [$\angle Ano = \angle Bnm$]. Ein anderer Theil des Lichtstrahles aber tritt unter dem bekannten Brechungswinkel in die Glasmasse ein und gelangt in der Richtung nn' auf die hintere Begrenzungsfläche des Spiegels. Hier wird er auf die Weise reflectirt, dass $\angle Cn'n = \angle Dn'n''$ ist. An der Vorderfläche AB erfährt er eine zweite Brechung und tritt in Folge dessen als ein Lichtstrahl $n''m'$ aus, welcher mit dem an der Vorderfläche reflectirten nm parallel ist. Durch die Anwendung eines reflectirenden Glasspiegels wird also ein Lichtstrahl in zwei, neben einander parallel verlaufende zerlegt, deren Abstand um so grösser ist, je dicker der reflectirende Spiegel. Ein von einem Glasspiegel reflectirtes Bild wird also in zwei Bilder zerlegt, die sich nicht decken, der Effect ist daher der, dass das Bild undeutlicher wird als vor der Reflexion.



33.

Diesen Uebelstand vermeidet man durch die Anwendung reflectirender Glasprismen. Dieselben stellen auf dem Durchschnitt ein rechtwinklig-gleichschenkliges Dreieck dar; die Reflexion geschieht an der Hypotenusenfläche. Letztere muss zu diesem Zwecke ganz eben geschliffen sein, was allerdings keine leichte Arbeit ist. — Figur 34 stellt zwei reflectirende Glasprismen dar, welche so angeordnet sind, wie

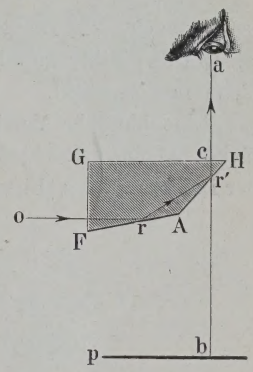


34.

[4]) Cfr. H. v. Mohl Mikrographie pag. 324. — Harting, Das Mikroskop pag. 176, 901.

die beiden Spiegel in Figur 32; r und r' in beiden Figuren entsprechen einander. Denken wir uns, der Lichtstrahl o treffe in der Richtung der Pfeilspitze senkrecht auf die eine Kathetenfläche des Prisma p. Er tritt ungebrochen in die Glasmasse ein und gelangt bei r unter einem Winkel von 45° auf die Hypotenusenfläche. Hier findet eine totale Reflexion des Strahles statt, welcher nun die Richtung rr' annimmt. Er tritt in derselben Weise in das zweite Prisma p' ein, und wird hier in r' ebenso reflectirt, erhält also die Richtung $r'a$. Es ist daher klar, dass man die beiden Spiegel s und s' in Figur 32 durch die Prismen pp' ersetzen kann.

Das Spiegelchen s in Figur 31 oder s' in Figur 32, endlich das Prisma p' in Figur 34 lässt sich auch ersetzen durch die sogenannte Camera lucida, einen von Wollaston erfundenen, in Figur 35 abgebildeten Apparat. [5]) Derselbe besteht aus einem vierseitigen Glasprisma $AFGH$. An diesem ist $\angle FGH$ ein Rechter, während $\angle HAF$ die Grösse von 135° besitzt. Gelangt ein Lichtstrahl senkrecht auf die Fläche GF in der Nähe von F, so geht er ungebrochen durch dieselbe hindurch, erleidet aber zuerst in r, dann in r' je eine totale Reflexion, wonach er dann bei c in der Richtung $r'a$ aus dem Prisma hervortritt [$r'a \perp ro$]. Das in den Punkt a gebrachte Auge sieht gleichzeitig durch die Strecke cr' des Prisma hindurch und gewahrt das in p liegende Blatt Papier, auf dem das Bild des Lichtstrahles in b erscheint.



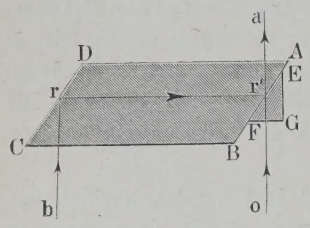
35.

Eine andere Camera lucida stammt von Nobert her, sie ist schematisch in Figur 36 abgebildet und gestattet das Zeichnen des Bildes auf horizontaler Fläche. Das rhombische Prisma $ABCD$ trägt an seiner schrägen Fläche AB ein rechtwinkliges, kleines Prisma EGF, und zwar ist die Fläche EF auf AB vermittels Canadabalsams fest aufgekittet. Es wird so über dem Ocular eines Mikroskopes angebracht,

---

[5]) Man sehe: Wollaston in Philosophical Transactions 1809, Nr. 38 pag. 741. — W. H. Wollaston Beschreibung der Camera lucida, eines zum Aufnehmen von Gegenden und zum verkleinernden oder vergrössernden Nachzeichnen bestimmten Instrumentes [Gilbert's Annalen der Physik Bd. XXXIV. N. F. Bd. IV, 1810, pag. 353—361, I Tafel]. — Gehler's Physikalisches Wörterbuch, Leipzig 1825, Bd. II. pag. 30 ff.

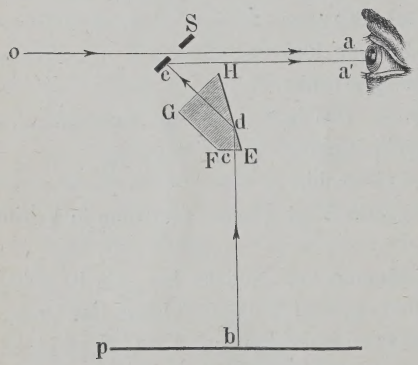
dass ein aus demselben tretender Lichtstrahl o senkrecht auf die Fläche GF trifft. Er geht ungebrochen durch die Glasmasse hindurch [oa], indem er nur bei r' durch geringe Reflexion etwas lichtschwächer wird.



36.

Die von einer horizontal liegenden Zeichenfläche kommenden Lichtstrahlen b treffen die schräge Fläche des rhombischen Prisma CD in r, werden hier total reflectirt und erlangen dadurch die Richtung rr'. In r' erleiden sie nochmals eine totale Reflexion, nehmen dadurch die Richtung $r'a$ an und gelangen somit gleichzeitig mit den von einem mikroskopischen Bilde ausgehenden Lichtstrahlen oa ins Auge des Beobachters. Derselbe sieht also, wenn er mit Hilfe dieses Apparates in das Mikroskop blickt, zugleich das projicirte Bild der Zeichenfläche in demselben.

Eine ähnliche Vorrichtung, durch welche gleichfalls die Zeichenfläche auf das Gesichtsfeld projicirt wird, hat noch Amici angegeben. [6]) Der Lichtstrahl oa [Figur 37] gelangt direct aus dem Ocular des Mikroskopes in das Auge a. Vor dem Ocular ist ein undurchsichtiger Metallspiegel S angebracht, welcher in der Mitte durchbohrt ist, um den Durchtritt von oa zu ermöglichen. Vor dem Spiegel und unterhalb seiner Oeffnung befindet sich das Glasprisma $EFGH$; es hat eine solche Lage und Gestalt, dass die auf seine untere Fläche EF senkrecht auffallenden Lichtstrahlen bc, welche von einer Zeichenfläche p ausgehen, in d so reflectirt werden, dass sie den Spiegel S in e treffen; hier erleiden sie nochmals eine Reflexion, wodurch sie die Richtung ea' annehmen und von dem in das Mikroskop blickenden Auge zugleich mit



37.

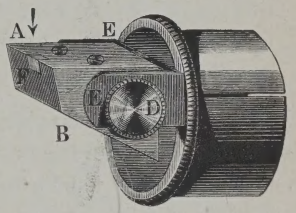
---

[6]) H. v. Mohl l. c. pag. 326 Tafel IV Figur 15. — Harting l. c. pag. 177 Figur 80. — Annales de Chimie, tome XXII. pag. 187. — Gehler's physik. Wörterb. II. pag. 28 ff.

dem mikroskopischen Bilde wahrgenommen werden. — Wir wollen nun sehen, wie diese hier im Princip besprochenen Vorrichtungen praktisch zu Apparaten zusammengestellt sind.

*
* *

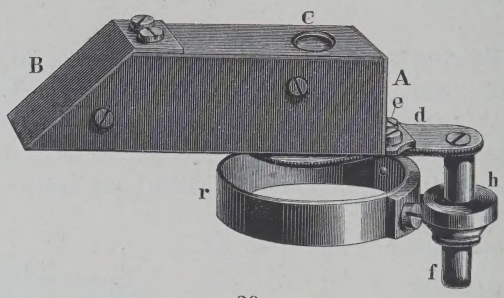
A. Wollaston's Camera lucida [Figur 35, 38]. — An einem federnden Metallringe, welcher über das Ocular des zugehörigen Mikroskopes geschoben wird, befinden sich rechts und links die beiden rechtwinklig gebogenen Messingarme EE. An diesen ist vermittels zweier Stellschrauben D [nur die vordere sichtbar] ein innen geschwärzter Metallkasten AB befestigt, der die Camera lucida umschliesst. Er ist an seiner, in der Abbildung nicht sichtbaren, der Ocularöffnung zugekehrten Seite offen und besitzt ausserdem auf der entgegengesetzten Seite bei F einen kleinen eckigen Ausschnitt, durch welchen das Auge des Zeichners in der Richtung des Pfeiles hindurchsieht. Nachdem man die Vorrichtung an dem Mikroskope befestigt hat, giebt man dem Prisma durch Drehen an D die geeignete Stellung, so dass das Projectionsbild möglichst deutlich erscheint. Letzteres muss auf einer vertical stehenden Papierfläche nachgezeichnet werden, oder man muss, um die Projection auf wagerechter Fläche zu bewerkstelligen, ein mit einem Reflexionsprisma [Figur 34] versehenes, horizontales Mikroskoprohr anwenden.



38.

B. Nobert's Zeichenprisma [Figur 36, 39]. — Diese Vorrichtung zum Horizontalzeichnen stellt uns in Ausführung von Nachet Figur 39 in natürlicher Grösse dar. Der Apparat besteht aus einem Messingringe r, den man über die Mikroskopröhre schiebt und dann das Ocular aufsetzt. Der Ring r trägt einen seitlichen Fortsatz h, in diesen passt genau die Messingstange f, welche in ihm sowohl um ihre Achse, als auch aufwärts und abwärts mit freier Hand beweglich ist. Auf f ist eine unten geschwärzte Metallplatte d befestigt, die sich über dem Ringe kreisförmig erweitert und eine weite, centrale Durchbohrung besitzt. Vermittels der Schrauben e ist ihr der Metallkasten AB aufgeschraubt, welcher im Innern die beiden in Figur 36 genauer abgebildeten Glasprismen enthält. Bei C und an der correspondirenden Stelle der Unter-

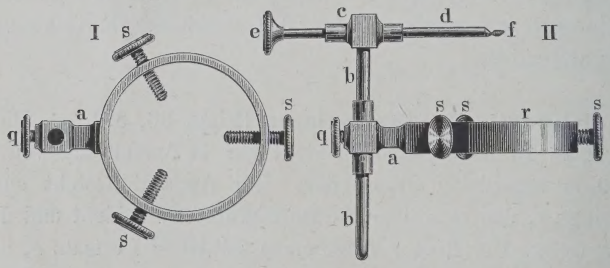
fläche besitzt er kreisrunde Oeffnungen, deren letztbeschriebene mit der Durchbohrung der Platte d zusammenfällt. Der Kasten muss so gross sein, dass B seitlich über den Mikroskopfuss hervorragt; senkrecht unter B wird die Papierfläche, auf der gezeichnet werden soll, angebracht.



39.

Das Auge sieht senkrecht von oben in C hinein und erblickt im Gesichtsfelde des Mikroskopes Papier und Zeichenstift. Der Kasten, welcher sich um h dreht, kann beliebig vom Ocular durch einfaches Drehen nach seitwärts entfernt werden.

C. Der Sömmerring'sche Spiegel [Figur 40].[7]) — Eine sehr zweckmässige Ausführung des Sömmerring'schen Spiegels findet sich bei den älteren Mikroskopen von Plössl; sie ist in der Abbildung in



40.

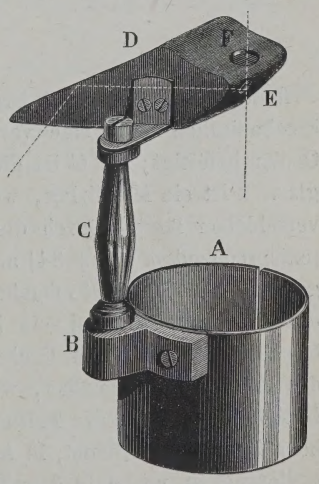
halber natürlicher Grösse dargestellt. Der kreisrunde Messingring r [I, II] besitzt die drei Stellschrauben $s\,s\,s$, vermittels welchen er jeder

---

[7]) Sömmerring, Dissertatio de oculorum hominis animaliumque sectione horizontali. Göttingen 1818. — Gehler's, Phys. Wörterb. Bd. VI. pag. 27.

Mikroskopröhre von beliebigem Durchmesser angeschraubt werden kann. Ein seitlicher, fester Messingzapfen *a* trägt in einer federnder Hülse die verticale Stahlstange *b b*; dieselbe kann durch die Schraube *q* nöthigenfalls fixirt werden. An ihrem oberen Ende ist die horizontale Stange *d* in der Hülse *c* sanft verschiebbar, hierbei dient *e* als Handhabe. Die Stange *d* trägt bei *f* das Metallspiegelchen, dem also durch die beschriebene Vorrichtung jede beliebige Stellung und Richtung zum Oculare ertheilt werden kann. Das Spiegelchen besteht aus Stahl oder Silber; es hat einen Durchmesser von 2—2·25 mm. Zweckmässig ist es, dasselbe nicht rund zu machen, sondern elliptisch, so dass es bei einer Neigung von 45° gegen das Ocular dem Auge als kreisrunde Fläche erscheint. Ausserdem wird die dem Buchstaben *f* am nächsten liegende Kante des Spiegelchens gegen die Spiegelfläche schräg abgestutzt, damit sie dem Auge bei der Projection des Bildes nicht hinderlich ist. Wie bei Wollaston's Camera lucida kann man auch mit diesem Apparat ohne Reflexionsprisma nur auf verticaler Fläche zeichnen.

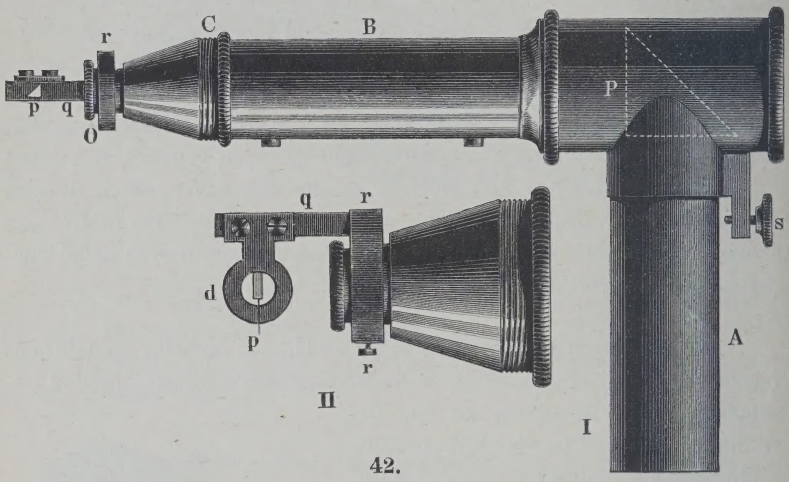
D. Der Doppelspiegel [Figur 41]. — Derselbe besteht aus einem federnden Messingringe *A*, welcher über die Mikroskopröhre geschoben wird. In einem an ihm befestigten Träger *B* ist die verticale Säule *C* eingelassen, so dass sie um ihre Längsachse leicht bewegt werden kann. Fest mit ihr verbunden ist der Ebenholzkasten *D E*, der bei *D* und *E* zwei Spiegel trägt. Der Spiegel *D* ist mit Folie belegt und gegen die Horizontale in einem Winkel von 135° geneigt. Der Spiegel *E* besteht aus einer durchsichtigen Glasplatte, über welcher sich bei *F* eine Oeffnung für das Auge befindet. Da der Spiegelkasten an der Unterseite offen ist, so treten die von einem neben dem Mikroskop liegenden Stück Papier ausgehenden Lichtstrahlen in der Richtung *a* auf Spiegel *D*, werden von diesem auf *E* reflectirt und erhalten durch *E* eine verticale Richtung. Ein über *F* befindliches Auge wird daher, wenn der Apparat dem Mikroskope aufgesetzt ist, sowohl das Papier als das mikroskopische Bild wahrnehmen. Der abgebildete



41.

Apparat [natürliche Grösse] ist von Seibert und Krafft ausgeführt worden.

E. Oberhäuser's Zeichenprisma [Figur 34, 42]. — Dasselbe besteht aus einer rechtwinklig-gebrochenen Messingröhre AB, deren mattirter Theil A in die Mikroskopröhre hineinzusenken ist. Bei



42.

P findet sich das grössere Prisma [Figur 34 p], durch welches dem mikroskopischen Bilde eine verticale Lage ertheilt wird. An A ist das Ocular befestigt; bei C ist die Collectivlinse gelegen, bei O das Ocularglas. r ist ein Metallring, welcher sich willig auf dem Ocular drehend verschieben lässt. Durch die Vorrichtung q ist das kleine Prisma p [entsprechend p' Figur 34] an ihm befestigt; es ist von einem kleinen, geschwärzten Ringe d umgeben, durch welchen seitliche Lichtstrahlen, die dem Auge störend sein könnten, abgehalten werden. Beim Gebrauch hat man durch Drehen des Ringes r die geeignetste Stellung des Prisma p aufzusuchen, worauf man ihn durch die Schraube fixirt. In Abbildung I ist das Prisma etwa in der Stellung abgebildet, die es beim Zeichnen einnimmt, in Abbildung II um 90° gedreht. Die Schraube s dient dazu, um A in dem Mikroskoptubus festzuklemmen.

F. Holle's Zeichenapparat. — Kürzlich hat Holle [8]) einen Apparat zum Entwerfen mikroskopischer Zeichnungen construirt, welcher

[8]) H. G. Holle, Ein neuer mikroskopischer Zeichenapparat [Nachrichten

sich von allen anderen wesentlich unterscheidet, und durch welchen verschiedene Uebelstände, mit denen die bis jetzt beschriebenen Apparate behaftet sind, beseitigt werden sollen. Jene führen nämlich eine unbequeme Lage des Auges mit sich; die zeichnende Hand muss bei den meisten in eine unbequeme Stellung gebracht werden etc.

„Diese Uebelstände habe ich durch Construction eines neuen Zeichenapparates zu beseitigen versucht. Derselbe beruht auf dem Principe, nicht den Zeichenstift selbst oder sein Spiegelbild, sondern das durch Linsen entworfene Sammelbild desselben zur Anschauung zu bringen. Zu diesem Behufe dient das Ocular des Mikroskopes in seiner gewöhnlichen Lage zugleich als Ocular für ein auf die Distanz der Mikroskopröhre eingerichtetes Fernrohr, dessen Achse mit Anwendung zweier Spiegel zweimal rechtwinklig umgebogen ist. Der erste, natürlich durchsichtige Spiegel befindet sich unmittelbar unter dem Ocular, der zweite über dem Objectiv des Fernrohrs. Ersterer ist von möglichst geringer Dicke [0·2 mm], damit die Bilder des Zeichenstiftes, welche die Ober- und Unterseite der Glasplatte entwerfen, noch auf einander fallen. Der belegte Spiegel über dem Objective wird dagegen zweckmässig von ziemlicher Dicke genommen oder durch ein Prisma ersetzt. Zwischen beiden Spiegeln befindet sich eine Linse, welche das verkehrt entworfene Bild des Zeichenstiftes wieder umkehrt.

Bei der Anwendung des Apparates wird das mikroskopische Bild direct und ohne Belästigung des Auges gesehen. Die zeichnende Hand liegt unmittelbar rechts neben dem Mikroskope, also in der denkbar bequemsten Lage. Das Bild wird ohne Umkehrung gezeichnet und in einem Maassstabe, welcher der Combination des angewandten Objectivs mit einem schwachen Oculare entspricht. Bei Anwendung schwächerer Objective erfordert der Apparat, wie jeder andere eine Verdunkelung des Gesichtsfeldes, damit das Bild des Zeichenstiftes deutlich gesehen wird. Bei Anwendung starker Objective oder dunkler Objecte tritt dagegen dieses Bild von selbst deutlich genug hervor“. —

Eine genaue Anweisung für den Gebrauch der vorstehend aufgeführten Zeichenapparate wird im dritten Abschnitt gegeben werden.

---

von der kgl. Gesellsch. der Wissensch. und der G. A. Universität zu Göttingen, Jahrg. 1876 pag. 25 ff.]

III. Das Mikrometer und die mikroskopische Messung.

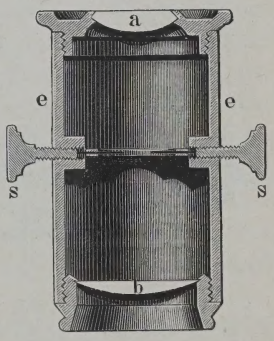
Es ist bei mikroskopischen Untersuchungen häufig von Wichtigkeit, die wahre Grösse eines unter dem Mikroskope befindlichen Objectes zu bestimmen. Es kann dieses nach sehr verschiedenen Methoden geschehen. Wie verschiedenartig auch zu dem Zwecke die Apparate construirt sein mögen, welche der mikroskopischen Messung dienen; es liegt ihnen entweder das Princip zu Grunde, den Gegenstand selbst zu messen oder aber das durch das Objectiv von ihm entworfene, vergrösserte Bild. Die dem ersten Zwecke dienenden Messapparate nennen wir Objectivmikrometer, die bei der letzten Methode angewandten Ocularmikrometer. Objectiv- wie Ocularmikrometer können entweder Glas- oder Schraubenmikrometer sein, d. h. ihr wesentlicher Theil ist entweder eine feine Diamanttheilung auf Glas, oder eine sorgfältig geschnittene Schraube, deren Umgänge eine bestimmte Höhe haben.

1. Objectivmikrometer.

A. Das Objectivglasmikrometer. Die Vorrichtung besteht aus einem Glasplättchen, auf welches vermittels eines Diamantes eine feine Theilung eingeschnitten ist, gewöhnlich ein Millimeter in hundert gleiche Theile. Wenn man eine solche Theilung an Stelle des Objectträgers unter das Mikroskop bringt und das zu messende Object auf dieselbe legt, so lässt sich die Länge des letzteren sofort bestimmen. Diese Art mikroskopischer Messung ist zweifellos die einfachste von der Welt; leider aber treten ihr mehrere störende Hindernisse entgegen, die ihre Anwendung auf nur einige wenige Fälle beschränken. Erstlich ist es nämlich bei kleinen Objecten sehr schwer, dieselben mit der zu messenden Dimension in die Längsachse der Mikrometertheilung zu bringen, zweitens wird es nur dem Zufall zu verdanken sein, wenn die Endpunkte des Objectes mit einem Theilstriche der Mikrometerscala zusammenfallen, drittens lässt sich die directe Messung gar nicht anwenden, wenn das Object nicht vollständig durchsichtig ist, viertens ist es sehr riskant, das Object stets auf die blosse Theilung zu legen, da diese ja ihrer Zartheit wegen sehr leicht verdorben werden kann. Man verwendet deshalb bei Messungen mit diesem Objectivmikrometer gewöhnlich einen Apparat, welcher als Spitzenocular bekannt ist.

Das Spitzenocular ist eine sehr einfache und für gewöhnliche Messungen ihrem Zwecke vollkommen entsprechende Vorrichtung. Wir wissen von früherher [pag. 31 ff], dass das von dem Objectiv entworfene und durch das Collectiv etwas verkleinerte [cfr. Figur 14 a. pag. 34] Bild oberhalb des Collectivs gelegen ist, und zwar an der Stelle des Oculars, wo sich die Blende befindet [*ff* Figur 31 a. pag. 32]. Da diese Stelle zugleich im Focus des Ocularglases [*a*] gelegen ist, so ist es klar, dass, wenn man hier einen Gegenstand, z. B. zwei Nadelspitzen anbringt, dieselben als in dem mikroskopischen Bilde gelegen erblickt werden. Richtet man die Nadelspitzen so ein, dass ihr gegenseitiger Abstand beliebig verändert werden kann, so lässt sich mit denselben die Ausdehnung eines bestimmten Theiles des Objectes fixiren. Entfernt man alsdann von dem Objecttische das Präparat und legt an seine Stelle das uns bekannte Glasmikrometer, so erscheint dessen Scala an Stelle des früheren Bildes und wir können nun abzählen, um wieviel Theilstriche die beiden Nadelspitzen von einander entfernt sind. Diese Entfernung drückt die wahre Länge des Objectes aus.

Figur 43 stellt ein Spitzenocular dar. *a* ist das Ocular-, *b* das Collectivglas, zwischen beiden ist die Blende befindlich und zwar fest mit der Hülse *ee* verbunden. Die Hülse trägt rechts und links, diametral gegenüberliegend zwei Schraubenmuttern für die Schrauben *ss*, welche in feine Spitzen endigen. Vermittels der in der Abbildung sichtbaren Schraubenköpfe ist eine sehr gleichmässige und sichere Bewegung der Spitzen gegen einander möglich.



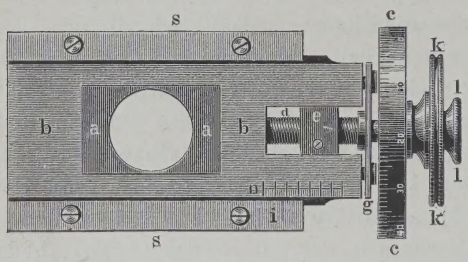
43.

Die sehr praktische Vorrichtung, welche Messungen mit wenig Zeitaufwand gestattet, leidet an einem, allerdings nicht erheblichen Uebelstande. Werden die Nadeln durch das Ocularglas angesehen, so treten an ihren Spitzen die bekannten Lichtbeugungserscheinungen auf, wodurch die Genauigkeit der Messung etwas beeinträchtigt wird. Die älteren Mikrographen, z. B. Hugo v. Mohl [9]) legen diesem Phänomen die grösste Wichtigkeit bei; wir jedoch glauben, dass der dadurch entstandene Fehler gewöhnlich ausser Acht gelassen werden kann.

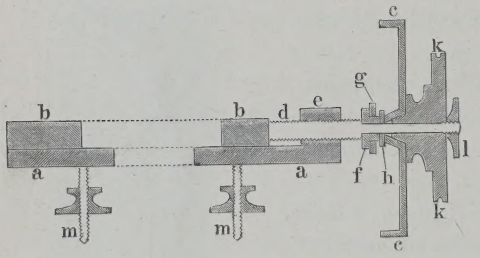
---

[9]) Mohl, Mikrographie pag. 278 ff. — Mohl, Linnaea 1842 pag. 502.

B. Das Objectivschraubenmikrometer. Dieser Apparat beruht auf einem von dem soeben besprochenen vollständig verschiedenen Principe. Denken wir uns, wir besässen eine in einer Mutter laufende Schraube, deren einzelne Umgänge genau je ein Millimeter Höhe haben. Ist nun der mit derselben fest verbundene runde Schraubenkopf in hundert Theile getheilt, so können wir damit Distanzveränderungen von 0·01 mm vornehmen, wie aus der Beschreibung des in Figur 44 und 45 abgebildeten Apparates, der ein FRAUNHOFER'sches Schraubenmikrometer [10]) in $^2/_3$ der natürlichen Grösse darstellt, klar werden wird. Figur 44 ist die Ansicht, Figur 45 der Mediandurchschnitt.



44.



45.

Eine starke, rechteckige Messingplatte *a a* trägt die beiden Stahlschrauben *mm*, auf denen je ein Messingknopf läuft. Letztere werden, wenn man den Apparat benützen will, ganz abgeschraubt; man steckt *mm* durch zwei correspondirende Löcher des Objecttisches und fixirt auf diesem durch festes Anziehen der beiden Schraubenköpfe den ganzen Apparat unverrückbar. In *e*, einem vorspringenden Zapfen, welcher mit der Platte *a* fest verbunden ist, findet sich die Mutter für die Mikrometerschraube *d*. Die letztere stösst gegen eine zweite Messingplatte *b b*, welche in einer Führung von *a*, *s s* [einem sogenannten Schwalbenschwanz] gleitend verschoben werden kann. Wird die Mikrometerschraube *d* [deren Umgänge etwa 0·2 mm hoch sind] an dem zugehörigen Kopf *k k* nach vorn vorgedreht, so bewegt sie die Platte *b b* langsam in dieser Richtung vorwärts; hört die Bewegung auf, so ruht die Platte. Beim

[10]) Nach H. v. MOHL, Mikrographie Tafel VI, Figur 8, 9.

Zurückdrehen der Schraube folgt *b* dem Gange derselben, weil sie durch zwei Stifte mit der federnden Messingplatte *g* verbunden ist, die ihrerseits durch den Zapfen *f* mit der Basis der Mikrometerschraube in Verbindung steht. Die ganzen Umdrehungen der Mikrometerschraube giebt der Index *in* an, dessen Theilstriche *n* [je 0·2 mm auseinander stehend] auf das Merkzeichen *i* einspielen. Die Bruchtheile der Umdrehung werden auf der Trommel *cc* abgelesen, deren Peripherie in 100 Theile getheilt ist und die directe Grössen angiebt, da ja bekanntlich die Grösse der Schraubenbewegung der Winkelgrösse proportional ist, wenn ein beliebiger Punkt derselben gedreht wird. Zu Beginn einer Messung wird es gewöhnlich wünschenswerth sein, den Nullpunkt der Trommel auf sein [hier fortgelassenes] Merkzeichen einzustellen, ohne jedoch die Schraube selbst in Bewegung zu setzen. Zu diesem Behuf dient die Vorrichtung *hkl*. *h* ist ein vorspringender Rand der Schraubenachse, gegen welche die Trommel *cc* stösst, die ihrerseits mit der Achse nicht fest verbunden ist. *k* fasst mit einem conischen Vorsprung in eine kegelförmige Vertiefung der Trommel ein [in Figur 45 zu sehen] und ist selbst der Schraubenachse [die hier prismatisch ist] lose aufgesteckt. Der kleine Knopf *ll* hingegen wird dem Achsenende aufgeschraubt; zieht man ihn fest an, so übt er auf *kk* einen Druck aus, das kegelförmige Ende von *k* drückt in die entsprechende Vertiefung der Trommel und fixirt dadurch die Trommel auf der Achse. Löst man aber *ll*, so hört der von *k* auf *c* ausgeübte Druck auf und die Trommel lässt sich nun nach beliebiger Richtung auf der Achse drehen, ohne dass die Schraube bewegt wird. Man bringt jetzt den Punkt 100 mit dem Merkzeichen zum Zusammenfall, fixirt die Trommel durch Anziehen von *ll* und kann nun die Messung beginnen. Das zu messende Object wird auf eine Glasplatte gebracht, die genau in den rechteckigen Ausschnitt der Platte *bb* passt; die untere Platte *aa* trägt eine mit diesem Ausschnitt correspondirende runde Oeffnung.

Um mit dem Objectivschraubenmikrometer Messungen ausführen zu können, hat man ein Ocular nöthig, in welchem sich ein zarter Faden resp. ein Fadenkreuz oder endlich eine Glasplatte mit zartem Diamantstriche befindet. Man stellt den einen Rand des zu messenden Objectes [vermittels einer eigenen Vorrichtung, die sich gewöhnlich am Schraubenmikrometer befindet] auf den Faden oder den Diamantstrich ein, bringt dann den Nullpunkt der Trommel mit dem Index zum Zusammenfall, notirt sich die Stellung von *i* zur Scala *n*, und bewegt dann das Object durch sanftes Vorwärtsdrehen der Schraube des Mikrometers durch das Gesichtsfeld, bis sein gegenüberliegender Rand mit dem Faden oder

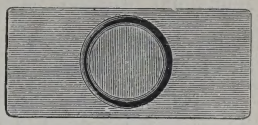
dem Diamantstrich zusammenfällt. Hierbei hat man sich vor allem zu hüten, dass man diesen Punkt nicht überschreitet, denn wollte man durch Zurückdrehen der Schraube den Punkt von Neuem aufsuchen, so würde man ein sehr ungenaues Resultat erhalten. Ferner ist es nothwendig, die Schraube sehr sanft und gleichmässig vorwärts zu bewegen, ungleichmässige und ruckweise Bewegung giebt gleichfalls schlechte Resultate. — Ich habe früher zahlreiche Messungen mit einem sehr schönen Schieck'schen Schraubenmikrometer veranstaltet, und in der ersteren Zeit recht ungenaue Werthe erhalten; erst als sich die Hand und das Auge an den immerhin ziemlich complicirten Apparat gewöhnt hatten, wurden die Resultate mit der Zeit befriedigender; schliesslich allerdings erreichten sie eine Genauigkeit, wie sie schwerlich ein anderes Mikrometer ermöglichen dürfte. — Ueberhaupt ist das Schraubenmikrometer ein Instrument, welches sehr leicht zu verderben ist, man sollte es daher Anfängern nie in die Hände geben. Seiner schwierigen Handhabung und seiner Kostbarkeit wegen, anderentheils da man eingesehen hat, dass man auch mit den Glasmikrometern hinreichend genaue Messungen ausführen kann, ist es in der Neuzeit durch diese mehr und mehr verdrängt worden. — Will man mit einem Schraubenmikrometer sehr genaue Messungen ausführen, so ist es nöthig, die absolute Höhe der einzelnen Mikrometerschrauben-Umgänge durch Messung und Berechnung zu bestimmen. Es geschieht das natürlich mit einem sehr sorgfältig getheilten Objectivglasmikrometer; das Genauere sehe man in ausführlichen Werken. Die Resultate dieser langwierigen Controllmessungen trägt man in ein späteren Messungen zu Grunde zu legendes Corrections-Täfelchen ein.

2. Ocularmikrometer.

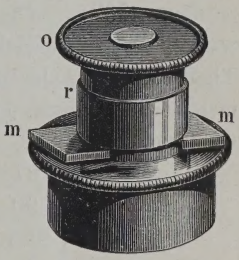
Auch den Ocularmikrometern, mit denen eine Messung des reellen Bildes vorgenommen wird, liegen die beiden soeben besprochenen Principien zu Grunde, auch sie sind entweder Glas- oder Schraubenmikrometer. Sie haben vor den Objectivmikrometern jedenfalls das voraus, dass sie längst nicht die Genauigkeit der Arbeit jener zu haben brauchen, da ein etwaiger Fehler ihrer Theilung etc. in dem Resultate der Messung nur eine Grösse erhält, die gleich ist diesem Fehler dividirt durch die angewandte Objectivvergrösserung.

A. Ocularglasmikrometer. Von allen Mikrometern besitzt das Ocularglasmikrometer in Deutschland die weiteste Verbreitung. Es

besteht [Figur 46] wie das Objectivglasmikrometer aus einem Glasplättchen, welches die Diamanttheilung trägt, und einer Metallfassung. Zum Schutze ist die Theilung mit einem dünnen Deckgläschen belegt; als Scala dient eine vier bis fünf Millimeter lange Strecke; jedes Millimeter ist in 10 oder 20 gleiche Theile getheilt, die Fünfer- und Zehnerstriche sind in der bekannten Weise durch ihre Länge kenntlich. In früherer Zeit gab man der Fassung gewöhnlich eine runde Form, das Mikrometer liess sich dann der Blende im Ocular [*ff* Figur 11 pag. 32] auflegen und seine Theilung konnte durch das Ocularglas gesehen werden. Allein diese Einrichtung ist nicht praktisch, denn das im Ocular befindliche Mikrometer lässt keine Verschiebungen zu, das Ocularglas lässt sich nicht genau auf die Theilung einstellen und das Einlegen und Herausnehmen des Messapparates ist sehr umständlich. Viel bequemer und zweckmässiger ist daher die Einrichtung, das Mikrometer seitlich von aussen in einen Schlitz des Oculars einzuschieben, wie es Figur 47 verdeutlicht. Ueber dem oberen Oculartheile befindet sich ein Ring *r* von Messing, der den Mikrometerschlitz verschliesst wenn das Ocular ohne das Mikrometer zu anderweitigen Beobachtungen verwandt werden soll. In der Abbildung ist der Ring etwas gehoben und das Mikrometer *m* eingeschoben. Das obere, eigentliche Ocularglas [*o*] ist nicht wie gewöhnlich durch eine eingeschnittene Schraube in seiner Hülse befestigt, sondern es lässt sich in derselben frei auf- und abwärts verschieben, da es seinerseits einem federnden Metallcylinder aufsitzt. Hierdurch ist es möglich, das Ocularglas für jedes Auge genau auf die Mikrometertheilung einzustellen. In dem abgebildeten Oculare befindet sich das Mikrometer dicht unter der Blende; es muss mit seiner Theilung nach unten in dasselbe eingesetzt werden.



46.



47.

Die Messungen werden mit Hilfe des Ocularglasmikrometers auf folgende Weise ausgeführt. Man setzt das Mikrometer ein, stellt seine Scala sowie das Object ein und sucht nun durch Drehen des Oculars, respective Verschieben des Objectträgers die zu messende Ausdehnung des Objectes mit der Scala zur Deckung zu bringen, und zwar so, dass sie senkrecht zu den Theilstrichen zu liegen kommt. Dann stellt man das Object nochmals so scharf als möglich ein und zählt ab, wieviele

Theilstriche [ganze und Bruchtheile] von ihm bedeckt werden. Diese Zahl notirt man sich und kann, falls man auf grosse Genauigkeit zu sehen hat, dieselbe Messung an verschiedenen Stellen der Scala unternehmen, um schliesslich aus allen Messungen das arithmetische Mittel zu ziehen.

Dass man hiermit noch nicht die absolute Grösse des Gegenstandes erhalten hat, sondern nur die seines reellen Bildes, ist klar. Um letztere zu erhalten, muss man entweder die Vergrösserungszahl von Objectiv sammt Collectiv, wie von Ocular genau bestimmen und daraus den wahren Werth der Theilstrichabstände ermitteln. Oder man bestimmt ihren Werth mit einem genauen Objectivglasmikrometer. Hätte ich z. B. im ersten Falle gefunden, dass eines meiner Objective sammt dem Collectiv 70mal vergrösserte und ist mein Ocularmikrometer in $^1/_{20}$ Millimeter getheilt, so würde bei Anwendung jenes Objectivsystemes der Abstand zweier Theilstriche 0·714 Mikromillimeter betragen. Sehr einfach ist die Bestimmung der relativen Werthe des Ocularmikrometers vermittels eines Objectivglasmikrometers. Man benützt letzteres als Object, stellt die Scala desselben ein und bestimmt wieviele seiner Theilstriche mit einer gewissen Anzahl Theilstriche des Ocularmikrometers zusammenfallen. Die ersten durch die letzten dividirt ergeben den wahren Werth in Einheiten des Objectivmikrometers. Decken z. B. 20 Theilstriche des Ocularmikrometers eine Ausdehnung von 87 Mikromillimetern des Objectivmikrometers, so ist der Werth eines Intervalles des Ocularmikrometers

$$\frac{87}{20} = 4{\cdot}35\ \mu = 0{\cdot}00435 \text{ mm}.$$

Derartige „Mikrometerwerthe“ pflegen von dem Mechaniker für jedes gelieferte System genau bestimmt zu werden; man findet sie dann auf dem dem Mikroskop beiliegenden Vergrösserungstäfelchen verzeichnet. Seien diese also für die Systeme I, II, III, IV eines Instrumentes zu 8·00, 3·63, 1·27 und 0·55 beispielsweise angegeben, so habe ich mit diesen Zahlen die Anzahl der abgelesenen Einheiten meines Ocularmikrometers zu multipliciren um die wahre Grösse des zu messenden Objectes in Mikromillimetern zu erhalten.

Also: Ein Gegenstand wird gemessen; er deckt 17 Theilstriche des Ocularmikrometers, die Vergrösserung geschah mit System I; er hat folglich eine wahre Länge von $17 \times 8{\cdot}00 = 136\ \mu = 0{\cdot}136$ mm. Oder: Die Messung geschieht bei einer Vergrösserung mit System IV, der Körper deckt 53·5 Theilstriche des Mikrometers; seine wahre Grösse ist also $53{\cdot}5 \times 0{\cdot}55 = 29{\cdot}4\ \mu = 0{\cdot}0294$ mm etc. —

Von einigen Firmen wird in der Neuzeit ein bewegliches Ocularglasmikrometer geliefert; dasselbe besitzt eine feine Schraube, vermittels welcher die Theilung in horizontallinearer Richtung fortbewegt wird, ferner eine Einrichtung, durch welche man die Theilung sehr genau in den Focus der Ocularlinse einstellen kann. Es ist bei feinen Messungen dem vorhin beschriebenen entschieden vorzuziehen.

B. Ocularschraubenmikrometer. Dieses Mikrometer wird in Deutschland selten, häufig hingegen in England gebraucht, wo man zwar im Ganzen nur sehr wenige und sehr mittelmässige mikroskopische Untersuchungen producirt, jedoch desto mehr Diatomaceenschalen besieht, um sich über ihre Zeichnung zu freuen; dafür hat man aber dort die kostspieligsten und prunkendsten Apparate. — Der in Frage stehende Messapparat unterscheidet sich von dem Objectivschraubenmikrometer nur wenig. Auch bei ihm wird mit Hilfe einer Mikrometerschraube, deren Trommel in hundert Theile getheilt ist, ein beweglicher Faden durch das Gesichtsfeld eines Ramsden'schen Oculars [cfr. pag. 34] gegen einen anderen, festen und mit erstem parallelen Faden bewegt. Die ganzen Umdrehungen werden auf einer im Gesichtsfelde des Oculars angebrachten Metallscala abgelesen. Will man mit dem Apparate Messungen ausführen, so hat man noch einen beweglichen Objecttisch nöthig, um die Einstellung des Objectes mit grosser Genauigkeit zu bewerkstelligen. Dieser Messapparat leidet an dem grossen Uebelstande, dass er — hoch oben am Mikroskop angebracht — gewöhnlich nicht den Grad der Stabilität besitzt, der für feine Messungen nöthig ist. Hugo v. Mohl hat übrigens am Ocularschraubenmikrometer ganz wesentliche Verbesserungen angebracht [11]).

3. Die Camera lucida als Messapparat.

Fast alle früher pag. 81—91 besprochenen Vorrichtungen lassen sich direct zum Messen mikroskopischer Objecte verwenden. Wenn man die Umrisse des letzteren genau aufgezeichnet hat, und genau weiss, wievielmal das gezeichnete Bild vergrössert ist, so braucht man ja nur die zu messende Länge mit einem gewöhnlichen Millimeterstabe zu bestimmen und dieselbe durch die Vergrösserungsziffer zu dividiren, um

---

[11]) H. v. Mohl in Max Schulze's Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. I. (1865), pag. 79 ff.

die wahre Grösse des Objectes in Bruchtheilen vom Millimeter zu erhalten.

Hierzu ist es vor allem nöthig, die Höhe der Vergrösserung, welche die Camera lucida mit den im Besitz des Mikroskopikers befindlichen Systemen giebt, mit Genauigkeit [nicht in abgerundeten Zahlen] zu bestimmen. Das geschieht auf folgende Weise. Angenommen, wir hätten eine Oberhäuser'sche Camera [cfr. pag. 90 Figur 42], die sich am besten zu derartigen Messungen eignet, so setzen wir sie auf das Mikroskop und legen als Object ein Objectivglasmikrometer [1 mm in 100 Theile getheilt] auf den Objecttisch [12]), beleuchten es, um seine Scala recht deutlich hervortreten zu lassen, vermittels excentrischen Lichtes und zeichnen eine Anzahl von Theilstrichen auf ein horizontal neben dem Mikroskop in der Höhe des Objecttisches liegendes Stück Papier. Am praktischsten geschieht dieses in der Weise, dass man schon vorher eine scharfe, gerade Linie mit Tusche auf das Papier gezogen hatte, diese durch Verschieben des Papieres senkrecht zu den Theilstrichen stellt und sich eine Reihe von Durchschnittspunkten der Mikrometerstriche mit besagter Linie bezeichnet. Da die Diamantstriche bei stärkeren Vergrösserungen eine gewisse Breite haben, so bezeichnet man mit dem spitzen Bleistifte stets denselben Begrenzungsrand [rechts oder links]. Man wählt zur Zeichnung den in die Mitte des Gesichtsfeldes fallenden Theil der Scala. Man bestimmt die Distanz je zweier Punkte mit dem Millimeterstabe, wiederholt dieses an Zeichnungen von verschiedenen Stellen der Scala, zieht aus allen Werthen das arithmetische Mittel und dividirt die erhaltene Zahl durch die Mikrometereinheit [also hier 0·001 mm]. Der Quotient giebt die Vergrösserungszahl an. — Wenn man für spätere Messungen ein Object auf das Papier zeichnet, so muss sich dieses natürlich genau in Objecttischhöhe befinden [13]).

Um zu zeigen, wie genaue Resultate diese Methode ergiebt, füge ich hier zwei Messungen sowohl mit Ocularmikrometer als mit Camera lucida an. Es sind nicht etwa gerade günstig ausgefallene Grössenbe-

---

[12]) Hat man ein solches nicht, verfügt man aber über ein gutes Ocularglasmikrometer (1 mm in 20 Th.), so kann man dieses dreist verwenden; es giebt, zumal wenn man mehrere Messungen combinirt, noch vollkommen ausreichende Resultate.

[13]) Besitzt man ein Mikroskop mit extrahirbarem Tubus, so kann man leicht die durch Objectiv und Camera lucida erzeugte Vergrösserung auf eine runde Zahl bringen, was zur Erleichterung der Rechnung sehr angenehm ist. Man sehe hierüber pag. 57.

stimmungen, sondern sie wurden mit der Absicht gemacht, hier zur Illustration zu dienen, es sind zugleich die einzigen für den vorliegenden Zweck veranstalteten. Als Objective dienten Gundlach I und V mit Ocular III [Vergr. 90 und 610], ferner eine Oberhäuser'sche Camera von Seibert. Zur Bestimmung der von letzterer mit den Objectiven erzeugten Vergrösserungen wurde ein Ocularglasmikrometer von Gundlach [4 mm in je 20 Theile getheilt] verwandt. Die erste Messung bezieht sich auf den Längsdurchmesser des Kieselpanzers einer Süsswasserdiatomee, *Cymbella gastroïdes* Ktzg., die zweite auf den Querdurchmesser der uns bereits bekannten [cfr. pag. 46] hellen Flügelschuppen von *Lycaena Argiolus* F.

I. Cymbella gastroïdes.

Längsdurchmesser bestimmt mit dem Ocularmikrometer bei Vergr. 90 [Syst. I, Ocular III] = 0·176 mm

Vergrösserung desselben Systemes, in Combination mit der Camera lucida bestimmt . . . . = 76·0

Länge der oben gemessenen, gezeichneten *Cymbella* mit dem Millimeterstabe bestimmt . . . = 14·0 mm

Daraus berechnet die wahre Länge $\frac{14}{76}$ . . . . . = 0·184 mm

Differenz zwischen Messung mit Ocularmikrometer und Camera . . . . . = 0·008 mm = 4·5 %.

II. Lycaena Argiolus.

Querdurchmesser eines hellen Flügelschuppens bestimmt mit dem Ocularmikrometer bei Vergr. 610 [System V, Ocular III] . . = 0·04445 mm

Vergrösserung desselben Systemes, in Combination mit der Camera lucida bestimmt = 453·2

Länge der Querausdehnung desselben Flügelschuppens, genau an der vorher gemessenen Stelle auf der Zeichnung mit dem Millimeterstabe bestimmt . . . . . = 20·2 mm

Daraus berechnet die wahre Länge $\frac{20{\cdot}2}{453}$ . . = 0·04457 mm

Differenz zwischen beiden Messungen . . . . = 0·00012 mm = 0·27 %.

Legen wir uns schliesslich noch die Frage vor, woher es denn kommen mag, dass die ersten beiden Messungen eine viel grössere Differenz besitzen als die letzten beiden? Die Antwort darauf ist nicht

schwer. Die ersten Messungen sind bei viel geringerer Vergrösserung ausgeführt als die letzten, ein dabei untergelaufener, eventueller Fehler wird daher im Resultat viel mehr ins Gewicht fallen als bei diesen, denn im ersten Falle wird er ja nur durch 76, im zweiten aber durch 453 dividirt. Dann aber ist der Kieselpanzer von *Cymbella*, zumal bei schwacher Vergrösserung, sehr schwer einzustellen, seine Grenzen sind wegen der glasartigen Durchsichtigkeit sehr schwierig zu sehen, es ist hier also viel leichter ein kleiner Irrthum möglich als im letzten Falle, wo die Contouren derb sind und wegen der Färbung des Objectes scharf hervortreten.

4. Allgemeines über die mikrometrische Messung.

Wir haben bei der Beschreibung der Messapparate hier und da schon Winke über ihre Handhabung etc. eingestreut; an diesem Orte mögen noch einige Bemerkungen allgemeiner Natur Platz finden.

Alle Mikrometer, mögen sie noch so genau gearbeitet sein, gestatten nur Messungen, die sich der absoluten Grösse des zu messenden Gegenstandes bis auf ein Gewisses nähern. Dieses hat vor allem darin seinen Grund, dass die genaue Einstellung des Objectes mit den allergrössten Schwierigkeiten verbunden ist. Jeder Arbeiter folgt hier seinem subjectiven Ermessen und kann demselben auch nur folgen. Er arbeitet eben mit seinen Augen und seinen Händen. Wenn zwei geübte Mikroskopisten denselben Gegenstand unter demselben Mikroskope einstellen, so kann man von vornherein annehmen, dass beide Einstellungen verschieden ausfallen werden; sollte dieses nicht der Fall sein, so ist das als reine Zufälligkeit zu betrachten. Dass bei jeder anderen Einstellung das Resultat einer Messung verschieden ausfallen muss, liegt wohl auf der Hand, und daher kommt es denn, dass Messungen, welche von zwei verschiedenen Beobachtern gemacht wurden, sich auf ihre absoluten Werthe nur sehr schwierig mit einander vergleichen lassen. Aus eben diesem Grunde sind alle die — wie man meinte — so äusserst genauen Messungen, deren Möglichkeit man früher lang und breit discutirt hat [14]) von ziemlich untergeordnetem Werthe. Aber die meisten mikroskopisch zu messenden Objecte — organische Gebilde — treten ja auch unter sehr ungleichen Grössen auf; es kann uns äusserst

[14]) H. v. Mohl, Mikrographie pag. 300 ff. — Harting, Recherches micrométriques. — Harting, Tjidschrift voor natuurl. Gesch. 1840 pag. 167 ff.

gleichgiltig sein, ob der Längsdurchmesser eines Stärkekorns aus der Kartoffelknolle um $^1/_{1000}$ zu gross oder zu klein angegeben wird.

Mikrometrische Messungen sind aber zumal da von Werth, wo es sich um die Vergleichung der Resultate desselben Beobachters handelt, also um relative Werthbestimmungen. Handelt es sich aber um die absoluten Resultate zweier verschiedener Beobachter, „so darf man getrost behaupten, dass, wenn Messungen verschiedener Beobachter bei irgend einer Untersuchung vergleichbar sind, diese Vergleichbarkeit noch fortbesteht, wenn die einzelnen Maasse um 5—10 Procent grösser oder kleiner gewählt werden“ [15]).

Ueber die Bezeichnung der mit dem Mikrometer erhaltenen Werthe haben wir hier noch einige Worte hinzuzufügen. In früheren Zeiten war die Einheit, deren Bruchtheile die Mikrometer anzeigten, die Linie; in Frankreich die Pariser Linie, in England die Englische Duodecimallinie, in Deutschland die Pariser, die Rheinische oder die Wiener Linie. Seit Mitte dieses Jahrhunderts sind alle diese Maasseinheiten durch das Millimeter verdrängt worden; nur die Engländer sind leider zu conservativ, so wie sie bei Wärmebestimmungen die unsinnigen Fahrenheit'schen Grade noch nicht gegen die Scala von Celsius ausgetauscht haben, so haben sie sich auch ihre Linie noch reservirt.

Für continentale Verhältnisse kommt eigentlich nur das metrische Decimalsystem in Betracht. — Der Bruchtheil eines Millimeters lässt sich auf zwei Weisen ausdrücken, durch einen gewöhnlichen oder durch einen Decimalbruch. Hugo v. Mohl sprach sich einst [16]) für die Anwendung des gewöhnlichen Bruches aus, die Bezeichnung mikrometrischer Werthe durch den Decimalbruch hielt er für „einen wahren Unfug“. Er meint, um bei einem Decimalbruche sich eine anschauliche Vorstellung von der Grösse, die er ausdrückt, zu bilden, müsse man Mnemotechniker von Fach sein. Wir sind mit Nägeli und Schwendener [17]) anderer Meinung, wir glauben, dass der Decimalbruch die einzige logische Bezeichnungsart für Mikrometerwerthe abgiebt.

Harting schlug seiner Zeit [18]) vor, als Einheit für die Werthangabe der Mikrometer den tausendsten Theil des Millimeters anzunehmen, also 0·001 mm. Er wollte diese Grösse bezeichnet wissen durch 1 mmm

---

[15]) Nägeli und Schwendener, Das Mikroskop, 1877 pag. 285.
[16]) H. v. Mohl l. c. pag. 318 f.
[17]) Nägeli und Schwendener l. c. pag. 288.
[18]) Harting, Mikr. pag. 506.

oder kürzer durch 1 μ; er nannte diese Einheit ein Mikromillimeter. Zweifellos ist dieser Vorschlag HARTING's der beste, und es hat sich das Mikromillimeter bis zur Jetztzeit erhalten [19]). Liest man, ein mikroskopischer Gegenstand sei 23 μ lang, und weiss man, dass 1 μ der Eins in der dritten Decimalstelle entspricht, so kann man sich den zugehörigen, auf das Millimeter bezogenen Decimalbruch [0·023 mm] leicht im Kopfe construiren. Da es aber bei mikroskopischen Gegenständen gewöhnlich nur auf relative Grössen ankommt, so ist letzteres noch nicht einmal nöthig; man lernt im Gegentheil bald, das Mikromillimeter ebenso als Einheit zu Grunde zu legen, wie im gewöhnlichen Leben das Centimeter oder die Mark.

Ausnahmsweise wird man bei mikrometrischen Messungen mit den alten Werthen, den Bruchtheilen von Linien zu thun haben. Da jetzt fast gar keine Objectivschraubenmikrometer mehr angefertigt werden, so wird man, um mit diesem Instrumente vertraut zu werden, gezwungen sein, ältere Exemplare zur Hand zu nehmen, die noch Bruchtheile von Linien anzeigen. — Sodann sind die Angaben der Mikrometerwerthe in Werken aus der ersten Hälfte des Jahrhunderts durchgängig auf die Pariser etc. Linie basirt, so dass man, um sie mit den eigenen Messungen vergleichen zu können, eine Reduction in Millimeter vornehmen muss. Um diese lästige Operation möglichst schnell und ohne viel Multipliciren vornehmen zu können, dienen die beiden Tabellen auf pag. 105, deren Brauchbarkeit vom Verfasser durch längere praktische Benützung constatirt wurde.

Tabelle I, „Vergleichung der gebräuchlichen Maasseinheiten" würde eigentlich diesem Zwecke vollkommen genügen, allein die Rechnungen würden etwas umständlich sein; es wären bei jeder Reduction mindestens eine Multiplication, gewöhnlich aber eine Multiplication und eine Division nöthig, wobei wegen der vielen Decimalstellen leicht ein Irrthum mit unterlaufen könnte. Zwar liesse sich durch Anwendung einer Logarithmentafel die Multiplication in eine Addition, die Division in eine Subtraction verwandeln, allein damit ist das Umständliche des Verfahrens nicht beseitigt.

Beispiel: Man findet in einem Werke die Angabe, ein mikroskopisches Object sei 0·0216‴ (Par.) lang. Es ist nöthig zu wissen, wie gross dieser Betrag in Millimeter ausfällt (Tabelle I. Columne 2):

---

[19]) Auch LISTING hat sich kürzlich für das Mikromillimeter als Einheit bei mikrographischen Grössenbestimmungen ausgesprochen; er wünscht dafür den Namen Mikron oder Micrum eingeführt zu wissen [CARL's Repertorium f. Experimentalphysik Bd. X, 1869 pag. 5].

Tabelle I.
Vergleichung der gebräuchlichen Maasseinheiten.

	Ein Millimeter ist =	Eine Pariser Linie ist =	Eine Englische Linie ist =	Eine Rheinisch. Linie ist =	Eine Wiener Linie ist =
Millimeter	1·0000	2·2558	2·1166	2·1802	2·1952
Pariser Linie	0·4433	1·0000	0·9384	0·9964	0·9732
Englische Linie	0·4724	1·0659	1·0000	1·0299	1·0371
Rheinische Linie. . . .	0·4587	1·0347	0·9710	1·0000	1·0070
Wiener Linie	0·4555	1·0275	0·9642	0·9930	1·0000

Tabelle II.
Reduction der gebräuchlichen Maasseinheiten auf Mikromillimeter.

Mikromillimeter	Pariser Linie.	Englische Linie.	Rheinische Linie.	Wiener Linie.
1 μ [0·001 mm] =	0·000443	0·000472	0·000459	0·000455
2 μ [0·002 mm] =	0·000887	0·000945	0·000917	0·000911
3 μ [0·003 mm] =	0·001330	0·001417	0·001376	0·001366
4 μ [0·004 mm] =	0·001773	0·001890	0·001835	0·001822
5 μ [0·005 mm] =	0·002216	0·002362	0·002293	0·002277
6 μ [0·006 mm] =	0·002660	0·002834	0·002752	0·002733
7 μ [0·007 mm] =	0·003103	0.003307	0·003211	0·003188
8 μ [0·008 mm] =	0·003546	0·003779	0·003670	0·003644
9 μ [0·009 mm] =	0·003990	0·004252	0·004128	0·004099
10 μ [0·01 mm] =	0·004433	0·004724	0·004587	0·004555
20 μ [0·02 mm] =	0·008866	0·009448	0·009174	0·009110
50 μ [0·05 mm] =	0·022165	0·023620	0·022935	0·022775
100 μ [0·1 mm] =	0·044330	0·047240	0·045870	0·045550

$$1 : 2{\cdot}2558 = 0{\cdot}0216 : x$$
$$x = 0{\cdot}048725 \text{ mm} = 49\ \mu$$

erhalten durch $2{\cdot}2558 \times 0{\cdot}0216$.

Tabelle II, „Reduction der gebräuchlichen Maasseinheiten auf Mikromillimeter" vereinfacht die Rechnung ganz wesentlich. Es sind darin dargestellt die Werthe der verschiedenen Linien auf 1—10, 20, 50 und 100 μ. Einige Beispiele werden den Gebrauch derselben am leichtesten verständlich machen.

1. Beispiel. Ich habe die Länge eines Objectes mit meinem Mikrometer zu 28 μ bestimmt. In einem älteren botanischen Werke finde ich die Angabe, derselbe Gegenstand (also etwa irgend eine Diatomeenart) sei 0·011841‴ (Par.) lang. Die beiden Werthe sollen mit einander verglichen werden.

   Ich bestimme den Werth von 28 μ in Bruchtheilen von Pariser Linien nach Columne 1:

   $$20\ \mu = 0{\cdot}008866‴$$
   $$8\ \mu = 0{\cdot}003546‴$$
   $$28\ \mu = 0{\cdot}012412‴.$$

   Hiervon die Grösse 0·011841‴ subtrahirt, ergiebt eine Differenz zwischen beiden Messungen von nur 0·000571‴, oder wie die ersten beiden Reihen der Columne 1 ausweisen, eine Differenz von etwas mehr als 1 μ.

2. Beispiel. In einem Werke finde ich die Angabe, die Zellen von *Nephrocytium Agardhianum var. minus* seien $^1/_{200}‴$ lang[20]); es liegt mir daran zu wissen, wie gross dieser Werth sich als Bruchtheil des Millimeters darstellt:

   $^1/_{200}‴$ ist = 0·005000‴ (Par.). Der nächstliegende Werth, den meine Tabelle ausweist (Col. 1) ist 0·004433‴ = 10 μ. Die Differenz beträgt 0·000567‴ oder 1—2 μ [näher an 1 μ], wie die Tabelle ergiebt, sodass $^1/_{200}‴$ = 11 μ = 0·011 mm [0·012] ist.

Die Berechnungen bei englischen etc. Linien sind dieselben, nur hat man sich dabei der entsprechenden Columnen zu bedienen. Die Beigabe von Reductionstabellen der verschiedenen Linienarten unter einander haben wir für unnöthig gehalten.

IV. Polarisationsapparat und Goniometer.

Es liegt nicht in dem Plane dieses Werkes, den Vorgang der Lichtpolarisation vom theoretischen Standpunkte aus näher zu betrachten.

---

[20]) C. Nägeli, Gattungen einzelliger Algen. Zürich 1849, pag. 80.

Wem die nöthigen Vorkenntnisse zum Verständnis der mikroskopischen Polarisationsapparate fehlen, möge sich vor der Hand in Gehler's physikalischem Wörterbuche oder in Wüllner's Experimentalphysik darüber orientiren. Für mikroskopische Zwecke ist die Theorie der Lichtpolarisation am besten entwickelt in Nägeli und Schwendener das Mikroskop [21]), ferner in dem gleichnamigen Werke von Dippel [22]), jedoch hat uns des Letzteren Darstellung weit weniger gefallen als die der erstgenannten Autoren.

Der mikroskopische Polarisationsapparat enthält wie jede andere, demselben Zwecke dienende Vorrichtung zwei polarisirende Medien, zwischen welche das im polarisirten Lichte zu untersuchende Object gebracht werden kann. Der unter dem Objecte befindliche Theil des Apparates heisst der Polarisator, der über ihm befindliche der Analysator. Durch die hier ausgesprochenen Bedingungen ist die Stellung des Polarisationsapparates am Mikroskop im allgemeinen gekennzeichnet.

Den Polarisator wird man am geeignetsten mit dem Mikroskoptische in Verbindung bringen; er wird, da er bei den neueren Constructionen gewöhnlich eine cylinderförmige Gestalt hat, die Stelle am Mikroskop einnehmen, an der sich sonst der Blendcylinder [cfr. pag. 67 f.] befindet.

Der Analysator kann natürlich nicht zwischen Object und Objectiv eingeschaltet werden, es würde damit ja die Einstellung des ersteren unmöglich werden. Man giebt ihm daher entweder die Stellung direct über dem Objectivsysteme, oder man bringt ihn oberhalb des Oculars an. Letztere Anordnung ist die in der neueren Zeit nach dem Vorgange Hartnack's von fast allen Firmen befolgte.

Als polarisirende Medien verwendet man durchweg Nicol'sche Prismen aus isländischem Doppelspath. —

In Figur 48 ist zunächst der Längsschnitt [$^2/_3$ der natürlichen Grösse] durch einen mikroskopischen Polarisationsapparat abgebildet, bei welchem sich der Analysator oberhalb des Oculars befindet; wir werden durch diese mit seinen hauptsächlichsten Theilen bekannt werden.

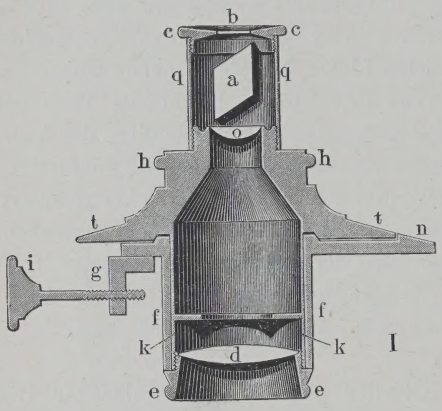
Was den Polarisator [II] anbelangt, so besteht derselbe aus einem Messingcylinder [*ss*, entsprechend *aa* Figur 22 a. S. 67], welcher in die Blendhülse am Mikroskoptisch [*d* Figur 17 a. S. 61] geschoben werden kann. Innerhalb des Cylinders ist das Nico_L'sche Prisma

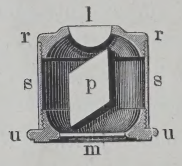
---

[21]) II. Auflage (1877) pag. 299—361.

[22]) Bd. I. pag. 224—227, pag. 407—455.

in einer Korkfassung angebracht [in p schematisch angedeutet]. Die Seitenkanten [dem ursprünglichen Kalkspath-Rhomboëder angehörend] haben eine verticale Richtung, während die zu diesen in einem Winkel von 68° künstlich angeschliffenen Flächen oberhalb und unterhalb der Korkfassung ganz zu sehen sind. Unter dem Nicol ist eine Glasplatte m angeschraubt, die dasselbe gegen schädliche Einwirkungen von aussen schützt. Ueber ihm ist die Condensorlinse l [vergl. pag. 69] befindlich, welche das aus dem Prisma austretende Licht auf einem Punkt concentrirt.





48.

Ein Nicol'sches Prisma besteht bekanntlich aus zwei Hälften; die Trennungsfläche verläuft diagonal durch das Prisma und bildet mit den angeschliffenen Endflächen Winkel von 89° 17′. Beide Hälften sind mittels Canadabalsams fest aufeinander gekittet. Die Seitenflächen des Nicols sind geschwärzt.

Fällt ein Lichtstrahl parallel zu den Seitenkanten auf die untere Endfläche des Prisma, so wird er in zwei Strahlen, den ordinären [ordentlichen] und den extraordinären [ausserordentlichen] Strahl zerlegt. Ersterer erleidet an der Schicht Canadabalsam eine totale Reflexion, gelangt auf die mattschwarze Seitenfläche und wird hier absorbirt. Der extraordinäre Strahl hingegen tritt durch das Prisma und gelangt in das Gesichtsfeld des Mikroskopes, welches er erleuchtet. —

Den zugehörigen Analysator stellt Abbildung I im Längsschnitt dar. Er besteht zunächst aus einem gewöhnlichen Ocular mit Collectivglas d [biconvex] und Augenglas o [planconvex]. Ueber das Letztere ist der Metallcylinder qq geschraubt, der ein zweites Nicol in Korkfassung birgt, welches dem des Polarisators genau gleicht und eine äquivalente Stellung einnimmt. Zum Schutze nach aussen ist es wie das zuerst beschriebene mit einer Glasplatte b bedeckt, deren Fassung c auf den

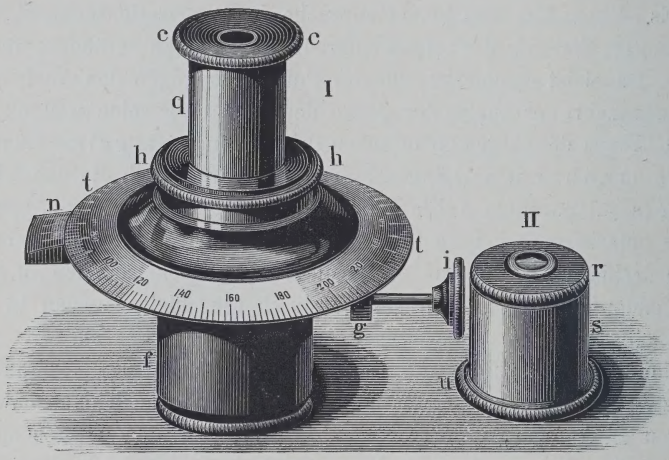
Cylinder *qq* aufgeschraubt wird. Die Blende des Oculars findet sich bei *ff*. Sie ist mit einem Fadenkreuz versehen, d. h. mit zwei zu einander senkrechten, straff ausgespannten, sehr dünnen Fäden, deren Durchkreuzungspunkt mit der optischen Längsachse der beiden Oculargläser zusammenfällt. Das Fadenkreuz besteht aus Spinnewebefäden oder aus solchen von Canadabalsam; einige Angaben über die Darstellung von Fadenkreuzen sehe man im dritten Abschnitte nach. Ueber den Gebrauch des Fadenkreuzes bei vorliegendem Apparate sollen später einige Angaben gemacht werden.

Es ist bekannt, dass beim Gebrauche des Polarisationsapparates die gegenseitige Stellung der beiden polarisirenden Medien verändert werden muss. Dabei ist es einerlei, ob der Polarisator gegen den Analysator, oder umgekehrt der Analysator gegen den Polarisator seine Stellung verändert. Eines der beiden Nicol'schen Prismen muss um seine Längsachse drehbar sein; Längsachse nennen wir nämlich die den Seitenkanten [s. o.] parallele Achse des Prisma. Bei vorliegendem Apparate ist das polarisirende Prisma fest, das analysirende in der beschriebenen Weise drehbar. Der Tubus des Oculars *htke* steckt nämlich in einer umgebenden Hülse *ff*; beide passen durch Einschleifen genau in einander und der obere vorspringende Rand bei *ee* fixirt *ff* auf *kk*. Hält man den Apparat an *ff* fest, so kann man, wenn man den Kerbrand *hh* benützt, *kk* rotirend zu *ff* verschieben. Um dieses auch dann bewerkstelligen zu können, wenn der ganze Analysator dem Mikroskop als Ocular aufgesetzt ist, dient die Klemmschraube *i*. Sie ist in dem Kniearme *g* beweglich und wird nach Aufsetzen des Apparates auf den Mikroskoptubus so weit vorgeschraubt, bis sie sich fest gegen diesen stemmt. Die innere Ocularröhre *kh* ist in einem breiten Limbus *tt* erweitert, welcher in 360 Grade getheilt ist und auf einen einfachen Index oder besser einen Nonius *n* einspielt, der fest mit der äusseren Hülse *f* verbunden ist. Diese Einrichtung gestattet also, die Grösse der vollführten Drehung direct abzulesen. —

Denselben Apparat, welchen wir soeben im etwas schematisirten Längsschnitt betrachtet haben, sehen wir in der Ansicht in Figur 49 dargestellt; auch diese ist auf etwa $^2/_3$ der natürlichen Grösse reducirt worden.

Es fällt uns hier am Analysator [I] vor allem der grosse, versilberte Theilkreis *tt* auf, den wir in fast seiner ganzen Ausdehnung wahrnehmen; die Theilstriche desselben stehen je zwei Grad auseinander, der Nonius *n* enthält eine Strecke von neun Theilstrichen [18 Grade] in zehn Theile getheilt. Die Ablesung geschieht direct mit dem Auge ohne

Zuhilfenahme der Lupe; die Genauigkeit der Theilung reicht für die Zwecke, denen sie dienen soll, vollständig aus. Oberhalb des Theilkreises ist der gekerbte Rand *hh* sichtbar, an welchem die Drehung des analysirenden Prisma vollführt wird, wenn *f* in den Mikroskoptubus eingesenkt und durch *i* fixirt ist. In *q* ist das Nicol befindlich; die es bedeckende Glasplatte, über welche das beobachtende Auge gebracht wird, ist zwischen den Buchstaben *cc* zu sehen. Der Abbildung des Polarisators [II] haben wir hier nichts hinzuzufügen.



49.

Gebrauch des Polarisationsapparates. Wie bekannt, wird der Polarisationsapparat gewöhnlich dazu verwandt, um zu erkennen, ob ein Gegenstand, z. B. ein Krystall optisch-einachsig oder -zweiachsig, einfach- oder doppeltlichtbrechend ist. Ist der zu untersuchende Krystall von mikroskopischer Kleinheit, so hat man natürlich den mikroskopischen Polarisationsapparat anzuwenden; aus diesem Grunde spielt er in der Hand der Krystallographen eine wichtige Rolle. Aber auch dem Botaniker ist er nicht selten von grossem Nutzen. Denn einestheils ermöglicht er demselben, sich Rechenschaft zu geben über die Natur zahlreicher Krystalle, welche im Innern der Pflanzenzellen auftreten, anderntheils sind ganze Gewebepartien doppeltlichtbrechend, gestatten also eine Untersuchung im polarisirten Lichte. Nicht selten zeigen sich hierbei, wenn die betreffenden Gebilde im dunkeln Gesichtsfelde erleuchtet hervortreten, Einzelheiten, welche gewöhnlich nicht oder nur schwierig zu erkennen sind. Drittens gestattet der Polarisations-

apparat dem Botaniker, sich über die Gestalt gewisser mikroskopischer Objecte klar zu werden.

Zu einer ersten Betrachtung vermittels des Polarisationsapparates eignen sich Stärkekörner aus der Kartoffelknolle, ferner der Querschnitt durch ein Farnrhizom, z. B. *Pteris aquilina*, wo nur die Gefässe der Fibrovasalien doppeltlichtbrechend sind. Ein sehr passendes Object ist auch z. B. ein Querschnitt durch den unterirdischen Stengel von *Lathraea squamaria*, hier hat man beides, Stärkekörner und doppeltbrechende Gefässe, vereinigt.

Bei der Benützung des Apparates verfährt man folgendermaassen. Nachdem man das Object vermittels eines gewöhnlichen Oculars eingestellt hat, sucht man die günstigste Beleuchtung durch Drehen des Spiegels auf, zieht dann den Blendcylinder aus und schaltet an seiner Stelle den Polarisator ein. Das Gesichtsfeld erscheint jetzt unverändert, nur etwas lichtschwächer. Nachdem der Analysator an Stelle des Oculars aufgesetzt und festgeschraubt ist, sucht man durch Verstellen des drehbaren Theiles diejenige gegenseitige Stellung der beiden Prismen auf, bei welcher das Gesichtsfeld des Mikroskopes am dunkelsten erscheint. Ist der Apparat gut construirt, so ist die Verdunklung eine fast vollständige, das Gesichtsfeld erscheint in einem ganz tiefblauen, sehr angenehmen Farbentone. Bei Anwendung schwacher Vergrösserungen fällt gewöhnlich seitliches Licht auf die Oberfläche des Objectes und wird von diesem nach oben reflectirt; die Folge davon ist, dass das Gesichtsfeld nicht vollkommen verdunkelt wird. Diese störende Zugabe schaltet man leicht dadurch aus, dass man die Hand vor das Objectiv hält indem man sie auf den Mikroskoptisch stützt oder indem man an diese Stelle ein winklig eingeknicktes Stück gewöhnlicher, blauer Umschlagpappe anbringt.

Man sieht nun also die doppeltlichtbrechenden Theile eines Objectes auf dunkelm Grunde. Je nach ihrer chemischen und physikalischen Structur sind sie entweder ganz oder theilweise erhellt; so erscheinen die Stärkekörner aus der Kartoffelknolle hellbläulich und über sie zieht sich ein schwarzes Kreuz hin, dessen Radien nach aussen an Dicke zunehmen[23]). Die Gefässwände aus dem Rhizom von *Pteris* erscheinen theils gelblich, theils bläulich erleuchet[24]). Wir können hier, wie hervorgehoben, auf die optischen Eigenschaften organischer Gebilde nicht im mindesten eingehen, empfehlen vielmehr hierfür das sorgfältige

---

[23]) Gründe dafür in den oben citirten Werken.

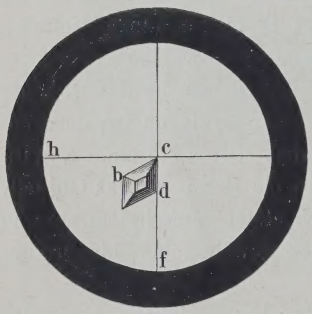
[24]) Hierüber sehe man hauptsächlich Dippel l. c.

Studium der betreffenden Abschnitte bei Nägeli und Schwendener, sowie bei Dippel.

Verzögernde Gypsplättchen etc., die man bekanntlich vielfach bei den gewöhnlichen Polarisationsapparaten anwendet, lassen sich leicht auch bei dem mit Mikroskop in Verbindung gebrachten Apparate einfügen. Es findet sich alsdann zwischen *l* und *p* Figur 48 II ein vorstehender Rand, auf welchen das Plättchen zu liegen kommt und nach Belieben wieder entfernt werden kann.

*
* *

Die Vorrichtung von Theilkreis und Nonius am Analysator kann sehr gut als Goniometer, als Winkelmesser für mikroskopische Krystalle verwandt werden. Sind Winkel an optisch einachsigen Krystallen zu messen, so schaltet man den Polarisator aus und entfernt zweckmässig auch *qq* mit dem Prisma am Analysator [Figur 48 I], um das Auge möglichst dicht über *o* halten zu können. Man bringt nun den Scheitel des zu messenden Krystallwinkels [*c* Figur 50], dessen Schenkel parallel zur Ebene des Gesichtsfeldes liegen müssen, mit dem Durchkreuzungspunkte der beiden Fäden des vorhin beschriebenen Fadenkreuzes zum Zusammenfall und verändert die Stellung des letzteren derart, dass einer der beiden Fäden über den einen Schenkel verläuft [Faden *cf* und Schenkel *cd* in Figur 50]. Jetzt notirt man sich die Stellung der Gradtheilung zum Nonius und vollführt dann eine Drehung des Fadenkreuzes von der Grösse, dass *cf* mit dem Schenkel *cb* zusammenfällt. Es wird eine zweite Gradablesung gemacht, die Subtraction beider ergiebt die Grösse des Winkels in Graden. Man kann natürlich auch die Grösse des Winkels *bch* bestimmen und diesen Werth von 90° subtrahiren, um die Grösse des Winkels *bcd* zu erhalten. — An optisch-zweiachsigen Krystallen wird die erste Einstellung am besten im polarisirten Lichte ausgeführt, bei Kreuzstellung der Prismen, also im dunkeln Gesichtsfelde.



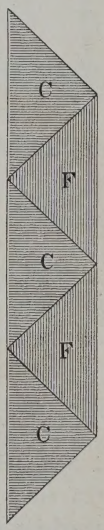
50.

Alle Winkelmessungen unter dem Mikroskope sind nur bis zu einem gewissen Grade genau, da man gewöhnlich gar keine Garantie dafür hat, ob der Winkel wirklich in der Ansicht und nicht in Projection gemessen wurde.

V. Das Mikro-Spectroskop.

In der Neuzeit sind häufig Untersuchungen vermittels des Spectralapparates, der mit dem Mikroskope verbunden wird, angestellt worden. Zumal in den Händen des Botanikers ist der mikroskopische Spectralapparat ein wichtiges Hilfsmittel geworden, um Farbstoffe bei höheren und niederen Pflanzen ihrer physikalischen Natur nach zu untersuchen. Da wir den Spectralapparat für das Mikroskop in keinem Werke eingehender beschrieben gefunden haben [25]), so wollen wir ihn hier etwas genauer betrachten; wir legen hier unserer Beschreibung die vollkommenste Construction desselben zu Grunde, wie sie zuerst von Sorby und Browning ausgeführt wurde; unser Exemplar stammt aus der Werkstatt von Seibert und Krafft in Wetzlar.

A. Die Prismen. Es ist bekannt, dass, wenn ein sogenannter weisser Lichtstrahl durch ein massives Glasprisma tritt, dergestalt, dass die brechende Kante desselben zu dem einfallenden Strahl senkrecht ist, der Strahl in seine einzelnen Farben zerlegt wird. Es entsteht alsdann ein Spectrum [Sonnenspectrum], die Farben desselben und ihre Aufeinanderfolge sind allgemein bekannt. Setzt man an Stelle des zerlegenden Prisma eine Combination von fünf Prismen, deren drei aus Crownglas, zwei aus Flintglas bestehen und die so angeordnet sind, wie es Figur 51 zeigt, [*C* Crownglas, *F* Flintglas], so gelangt durch dieselben das Licht in einer mit der Achse parallelen Richtung ins Auge. Die Franzosen nennen diese Vorrichtung *prismes à vision directe* [26]).



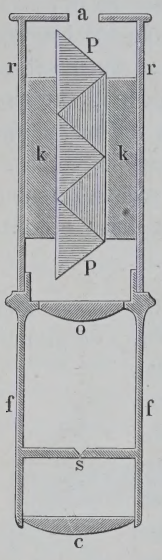
51.

Die Prismen werden in einem Messingcylinder [*rr* Figur 52] vermittels einer Korkfassung *kk* befestigt; oben ist der Cylinder durch eine mattschwarze Metallplatte geschlossen, welche in der Mitte, bei *a*, ein rundes Loch von etwa 10 mm Durchmesser zum Hineinsehen besitzt. Dieser Apparat wird mit dem Ocular in Verbindung gesetzt [Spectralocular], und zwar ist seine Stellung oberhalb des Ocularglases [*o*]. Würde das Ocular eine gewöhnliche, kreisförmige Blende besitzen, so würde man nach Aufsetzen der Spectral-

[25]) Nägeli und Schwendener l. c. pag. 39; Frey, Das Mikroskop pag. 36 f.

[26]) Diese Combination wurde zuerst 1806 von Amici angegeben, später von Hofman zur Construction des Taschenspectroskops verwandt [cfr. Schellen, Spectralanalyse pag. 109], endlich von John Browning für das Mikroskop vorgeschlagen.

vorrichtung das Gesichtsfeld des Mikroskopes als eine kleine Ellipse erscheinen, welche in der Mitte ziemlich farblos, an den stärkstgekrümmten Stellen roth, respective blau erscheint. Mikroskopische Objecte, welche das Gesichtsfeld nicht erfüllen, würden als in der Richtung des Längsdurchmessers der Ellipse verlaufende Längsstreifen erscheinen. Beim Spectralocular wird die Blendöffnung vielmehr durch eine schmale, spaltenförmige Oeffnung, den Spalt, ersetzt, welche in Bezug auf die Prismen so orientirt ist, dass die brechende Kante dem Spalt parallel steht [*s* Figur 52]. Es erscheint nun ein Spectrum von der bekannten bandförmigen Gestalt, dessen Helligkeit und Ausdehnung bedingt ist durch die Breite und Länge des Spaltes.



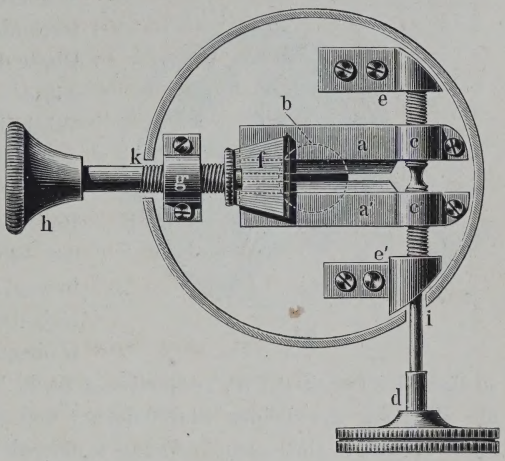
52.

B. Der Spalt. Die in Figur 52 abgebildete Spectralvorrichtung würde einen nur sehr unvollkommenen Apparat darstellen. Soll derselbe leistungsfähig sein, so muss erstens der Spalt für jedes Auge genau in den Focus des Ocularglases *o* eingestellt werden können; zweitens muss sich an ihm eine Vorrichtung befinden, um ihn beliebig erweitern und verschmälern, verlängern und verkürzen zu können.

Die Einstellung des Spaltes geschieht leicht dadurch, dass man die Röhre des Oculars [*ff*] oberhalb des Spaltes aus zwei in einander verschiebbaren Stücken verfertigt und die Bewegung des inneren gegen das äussere durch einen Zahntrieb regulirt, wie uns derselbe bekannt ist.

Die Construction zur Verschmälerung und Verkürzung des Spaltes ist complicirter Natur. Die Ocularröhre erweitert sich in der Nähe von *s* zu einer Trommel von 45—50 mm Durchmesser. Figur 53 ist der Grundriss derselben. Oben ist sie durch eine geschwärzte Metallplatte geschlossen, welche in der Mitte eine kreisrunde Oeffnung von 8 mm Durchmesser hat, *b*. An der Unterseite der Platte befindet sich der in Frage stehende Mechanismus, den Figur 53 darstellt. Die Seitenwand der Trommel ist zunächst bei *i* durchbohrt. Diese Durchbohrung ist zur Aufnahme der Schraube *d* bestimmt. Ihr in der Mitte unterbrochenes Gewinde stellt Schrauben ohne Ende dar, sie haben als Führungen die beiden Metallklötze *e* und *e'*, durch welche der Gang vollkommen

fixirt ist. Oberes und unteres Gewinde tragen die beweglichen Metallklötze $c\,c'$, welche sich in zwei zungenförmige, geschwärzte Metallplatten $a\,a'$ fortsetzen, deren Innenränder abgeschrägt sind und ganz geradlinige Kanten haben. Die Kanten sind zu einander vollkommen parallel. Wird der Schraubenkopf d in Bewegung gesetzt, so rücken $a\,a'$ äusserst gleichmässig gegen einander vor, respective entfernen sich von einander. Durch den Abstand von $a\,a'$ wird die Breite des Spaltes bedingt. —



53.

Die Verkürzung des Spaltes wird vermittels der Schraube h vorgenommen. Ihre Achse steht zu der von d senkrecht und tritt bei k durch die Trommelwandung. Die Führung derselben stellt der Metallklotz g dar. Das schaufelförmige, schwarze Metallstück f ist durch einen Schraubenstift lose mit der Schraube verbunden, und kann durch Vorwärtsdrehen gegen das Centrum der Trommel vorgeschoben werden, wodurch also eine Verkürzung des Spaltes eintritt[27]).

Eine andere Vorrichtung zur Verengerung des Spaltes, welche viel einfacher ist, aber auch nicht so gut arbeitet wie die beschriebene, ist die von S. Merz an seinem Mikrospectralapparat angebrachte[28]). Die sinnreiche Construction ist in Figur 54 abgebildet[29]). — Die Schraube

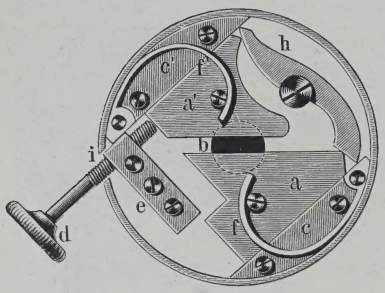
---

[27]) Haben sich an den Rändern des Spaltes Staubtheilchen festgesetzt, so erscheinen dadurch dunkle Streifen im Spectrum, welche dasselbe der Länge nach durchziehen, und für die Beobachtung sehr störend werden können. Man reinigt den Spalt am besten vermittels eines spitz geschnittenen Zahnstochers von Buchsbaumholz, welchen man etwas anfeuchtet. Die Staubtheilchen adhäriren dann leicht an demselben.

[28]) S. Merz, Spectralapparat für Mikroskope [Carl's Repertorium für Experimentalphysik und phys. Technik. Bd. V, 1869 pag. 390. Taf. XXI, Figg. 4—6].

[29]) Nach l. c. Figur 5.

d durchdringt die Trommel bei i, besitzt in e ihre Mutter und stemmt sich mit ihrem Ende gegen die Metallplatte a', welche durch eine schwalbenschwanzähnliche Führung an der Platte c' fixirt ist. Bei h befindet sich ein eigenthümlich gestalteter, drehbarer Hebel, der mit dem Vorderrande an a', mit dem Hinterrande an eine correspondirende Platte a stösst, welche — ähnlich wie a' — in c ihre Führung hat. Wird die Schraube d vorwärts bewegt, so schiebt sie die Platte a' vor; der Hebel h überträgt diese Bewegung auf a, welche sich in der entgegengesetzten Richtung bewegt; die Folge davon ist, dass sich der Spalt öffnet. Giebt man d die entgegengesetzte Bewegung, so lässt der Druck auf a', respective a nach, beide Platten werden durch die Wirkung der beiden Stahlfedern f und f' zurückgezogen und der Spalt verengert sich. Die Oeffnung b entspricht b in Figur 53.



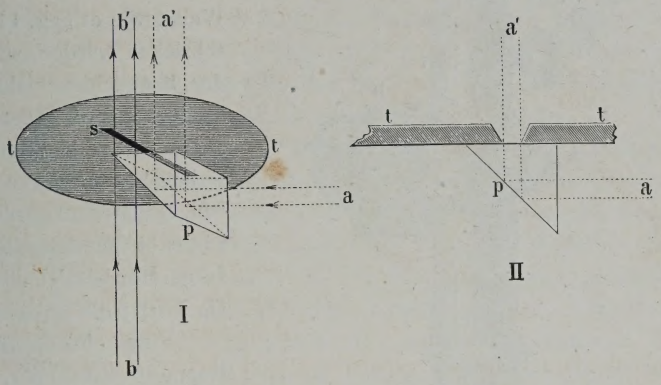
54.

C. Das Vergleichsprisma. Es wird sehr häufig wünschenswerth sein, das Spectrum eines zu untersuchenden Körpers mit dem eines bekannten, ähnlichen Körpers zu vergleichen. Man könnte das auf die Art bewerkstelligen, dass man zuerst den zu untersuchenden Körper unter das Mikroskop bringt, sein Spectrum betrachtet, und darauf das des Controllkörpers. Allein es zeigt sich, dass Spectren — nehmen wir z. B. Absorptionsspectren gefärbter Flüssigkeiten mit vielen dunkeln Bändern — sehr schwierig im Gedächtnisse zu behalten sind. Daher werden Vergleichungen von Spectren nach dem Gedächtnisse sich nur auf die hauptsächlichsten Merkmale, nicht auf Einzelheiten beziehen können. Letztere werden sich aber in dem Falle mit hinreichender Musse und Genauigkeit vergleichen lassen, wenn man beide Spectren [das des zu untersuchenden und das des Controllkörpers] dicht neben einander auf einmal — als sogenanntes Doppelspectrum — erblickt. Dieses wird erreicht durch Anwendung des Vergleichsprisma, eines Apparates, den wir Kirchhoff [30]) verdanken.

---

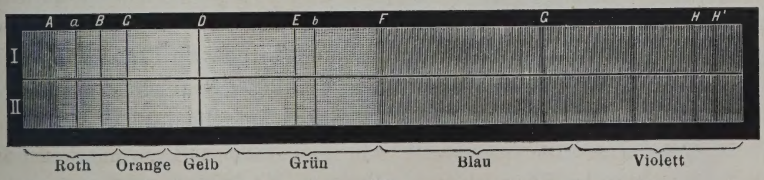
[30]) Schellen, Die Spectralanalyse in ihrer Anwendung auf die Stoffe der Erde und Natur der Himmelskörper. Braunschweig 1870 pag. 125.

Angenommen, es sei tt [Figur 55 I] die Platte der Trommel, welche den Spalt s trägt. In b befinde sich der zu untersuchende Körper; die von ihm ausgehenden Lichtstrahlen gelangen in der Richtung bb' durch den Spalt, und treten bei b' in die brechende Prismen-

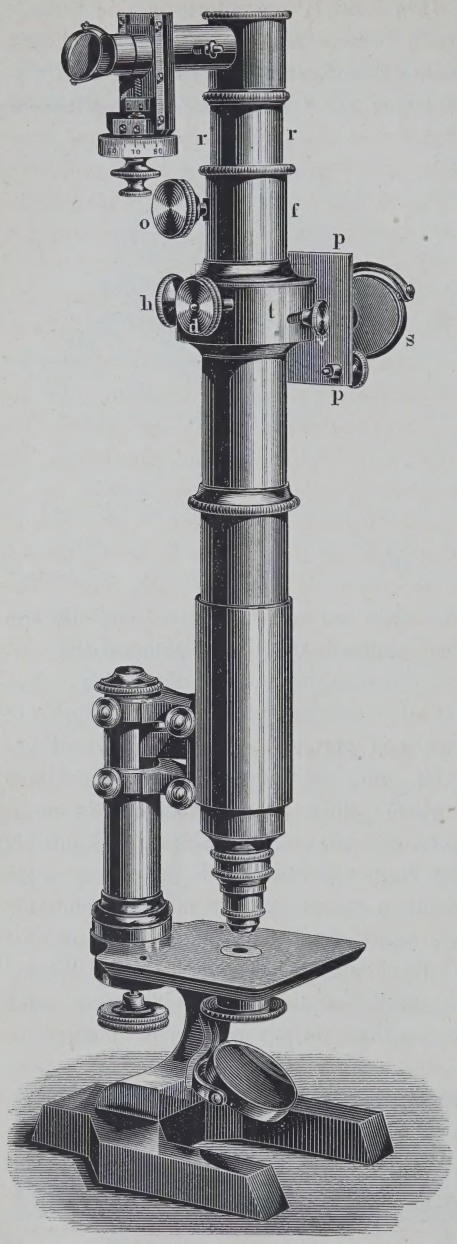


55.

combination ein. Der Spalt s ist nicht auf seiner ganzen Länge für die von b kommenden Lichtstrahlen geöffnet; die Hälfte seiner Länge ist nämlich verdeckt durch ein Reflexionsprisma von der Form, wie wir es früher bei Besprechung der mikroskopischen Zeichenapparate kennen gelernt haben [cfr. pag. 84, Figur 34]. Das Prisma stellt auf dem Durchschnitt [Figur 55 II] ein rechtwinklig-gleichschenkliges Dreieck dar; die Hypotenusenfläche [p] ist gegen den Spalt in einem Winkel von 45° geneigt. Nehmen wir nun an, ein anderer, als Controlle für die Untersuchung dienender Körper befände sich bei a und sende Lichtstrahlen in horizontaler Richtung aus, so werden dieselben die vertikale Kathetenfläche des Prisma senkrecht treffen, ungebrochen in dasselbe hineintreten und auf die Hypotenusenfläche unter einem Winkel von 45° fallen. Hier findet eine totale Reflexion der Strahlen statt, nach derselben ist ihre Richtung eine senkrechte geworden, sie treten als a'



56.



57.

durch den Spalt, indem sie mit den Strahlen $b\,b'$ parallel verlaufen. Befinden sich nun über dem Spalt die brechenden Prismen in der Weise, wie es pag. 114 beschrieben worden, so wird der Beobachter nicht ein, sondern zwei über einander liegende Spectren wahrnehmen, deren Farben, deren Fraunhofer'sche Linien etc. genau zusammenfallen. Man bezeichnet beide als Doppelspectrum.

Figur 56 stellt ein Doppelspectrum dar, welches entsteht, wenn sowohl durch die freie Spalthälfte, als auch durch das Vergleichsprisma Strahlen des diffusen Tageslichtes in das Spectroskop einfallen. I ist das Spectrum der durch das Vergleichsprisma eingefallenen Lichtstrahlen, II das der nicht reflectirten. Beide sind durch eine schmale schwarze Linie getrennt, welche man gewöhnlich bemerkt, welche aber, wenn man das Auge dicht über die brechenden Prismen bringt, ohne störenden Einfluss ist. Wir bemerken in den Spectren die stärkeren Fraunhofer'schen Linien; die des unteren Spectrums fallen genau in die Verlängerung der oberen.

Da man das Vergleichsprisma nicht immer nöthig hat, so befindet sich an der früher beschriebenen Trommel, in welcher es angebracht ist, eine eigene Vorrichtung, um es beliebig ausschalten zu können.

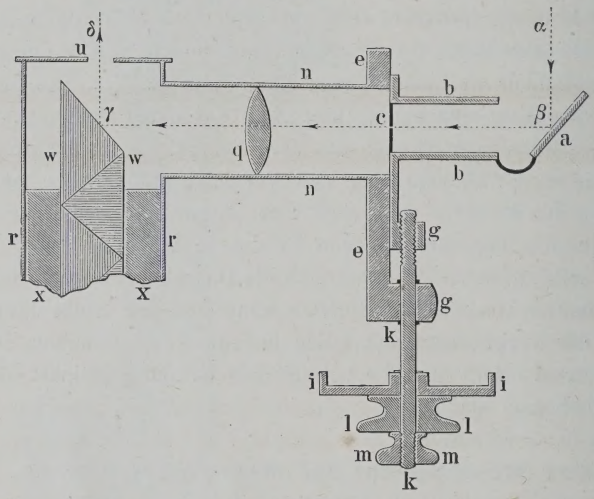
Figur 57 stellt ein Mikroskop mit dem vollständigen Mikrospectroskop dar; bei *t* ist die den Spalt und das Vergleichsprisma bergende Trommel. Die Schraube *d* dient zur Verengerung, *h* zur Verkürzung des Spaltes [vgl. Figur 53 a. pag. 115], *f* ist die Ocularröhre, *o* die Schraube zum Einstellen des Spaltes für das Auge des Beobachters; in der Röhre *r r* befinden sich die Prismen *à vision directe.*

Seitlich an der Trommel *t* ist eine mit federnden Klammern versehene, senkrechte Platte *p p* angebracht, welche die Gestalt eines Mikroskoptisches hat, davor bemerkt man einen Planspiegel *s*. Die Platte *p p* besitzt in der Mitte eine kleine [hier nicht sichtbare] Oeffnung, die gewöhnlich — wenn man nämlich das Vergleichsprisma nicht anwendet — geschlossen ist. Will man aber das Vergleichsprisma einschalten, so drückt man den Knopf *v* nach vorn vor; dadurch bewegt sich das an einer Seite der Trommel liegende Prisma so vor den Spalt, wie es Figur 55 zeigt, gleichzeitig öffnet sich die Durchbohrung der Platte *p p*. Durch geeignete Drehung des Spiegels kann man nun leicht das nöthige Licht auf das Vergleichsprisma fallen lassen. Zur Erzeugung des Vergleichsspectrum bringt man die betreffenden Körper möglichst dicht vor die Durchbohrung von *p p*.

D. Der Messapparat des Mikrospectroskops. Es ist bekannt, dass Bunsen und Kirchhoff bei ihren klassischen Untersuchungen über die discontinuirlichen Spectren und über die Natur der Fraunhofer'schen Linien, die Längsausdehnung des Spectrums in 170 gleiche Theile theilten und die Lage der Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspectrums, oder die Lage der leuchtenden Streifen discontinuirlicher Spectren nach der Scala bestimmten. In der „Spectralanalyse" wird diese Scala allgemein zu Grunde gelegt. Die gewöhnlichen Spectroskope für spectralanalytische Zwecke besitzen ein Rohr, an dessen vorderem Ende sich eine auf Glas photographirte, etwa 15mal verkleinerte Millimeterscala befindet. Dieselbe kann durch ein davorgestelltes Licht erleuchtet werden; durch eine biconvexe Linse wird ein reelles Bild derselben auf die vordere Fläche des brechenden Prisma geworfen, dieses wird in das Beobachtungsfernrohr reflectirt und gelangt als Spiegelbild, scheinbar auf dem Spectrum gelegen, ins Auge des Beobachters. Die Construction leidet jedoch an dem erheblichen Mangel, dass die Dicke und Helligkeit der Theilstriche von der Spaltweite abhängig

und für jedes Auge verschieden sind. Wo es auf sehr genaue Messung von Abständen Fraunhofer'scher Linien, Ausdehnung von Absorptionsbändern etc. ankommt, wird man daher die zwar sehr einfache und praktische Vorrichtung verlassen müssen.

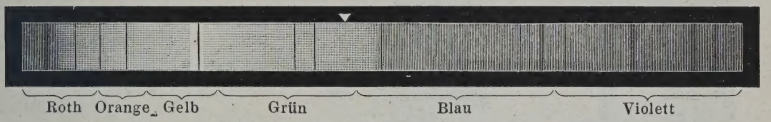
Die Idee zu einem genauen Messapparat für das Mikrospectroskop, welche wirklich genial genannt werden kann, stammt von John Browning in London. Die nicht ganz einfache Construction zeigt Figur 58 im Längsschnitt. Es ist *r r* die senkrechte Messingröhre, welche in der



58.

Korkfassung *x x* die fünf Prismen *w w* trägt [vergl. Figur 52 a. pag. 114]. Die obere Begrenzungsfläche der Prismen [*w γ*] ist gegen die horizontale im Winkel von 45° geneigt. Ihr gegenüber befindet sich die Horizontalröhre *n n*, im Innern mit einer biconvexen Linse *q* versehen, die sich in der Längsrichtung von *n n* verschieben lässt. Die Röhre *n n* trägt vorn [fest mit ihr verbunden] die Messingplatte *e e*. In einer Schwalbenschwanzführung dieser ruht [in der Längsrichtung beweglich] die Platte *g*, der eine engere, horizontale Messingröhre *b b* unverrückbar fest aufsitzt. Letztere ist bei *c* durch ein Stanniolplättchen verschlossen, in dessen Mitte sich eine ganz kleine Oeffnung von der Gestalt eines gleichseitigen Dreieckes befindet. Ausserdem trägt *b b* einen Doppelarm, an welchem das Spiegelchen *a* [plan] beweglich angebracht ist. Beleuchtet man nun das Dreieck *c* durch den Spiegel *a* und giebt der Linse *q* die für das Auge des Beobachters richtige Stellung, so wird

man, wenn man das Auge in den Punkt δ bringt, ein weiss erleuchtetes, vergrössertes Bild des Dreieckes wahrnehmen. Der Gang der Lichtstrahlen und ihre doppelte Reflexion ist durch die punktirte Linie $\alpha\beta\gamma\delta$ angedeutet. Lässt man durch den Spectralapparat ww Licht fallen, so wird man ein Spectrum wahrnehmen, in welchem das Dreieck gelegen zu sein scheint. Durch geeignete Stellung des ganzen Apparates kann man es dahin bringen, dass das Bild des Dreiecks im Spectrum oder an seinem Ober- respective Unterrande erscheint. Figur 59 z. B. zeigt ein einfaches Sonnenspectrum, an dessen oberem Rande das zum Messen bestimmte Dreieck liegt.



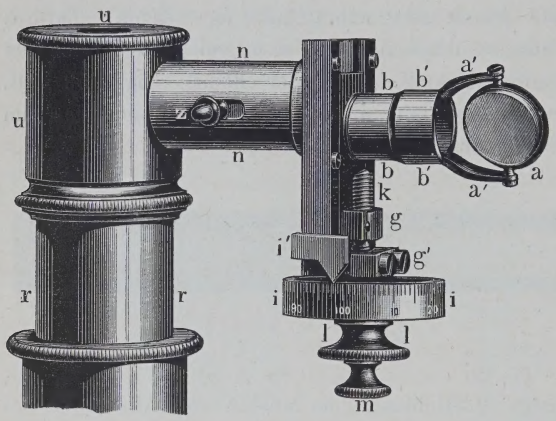
59.

Damit diese sinnige Vorrichtung zum Messen von Abständen benützt werden könne, muss das Dreieck seinen Ort in der Längsrichtung des Spectrums verändern können und die Grösse der vollführten Bewegung muss sich genau bestimmen lassen. Man vergegenwärtige sich zunächst, dass alle Längenbestimmungen im Spectrum nur Relativgrössen repräsentiren; es kommt hier nie auf die Eruirung absoluter Grössen an.

Die unserem Zwecke dienende Einrichtung ist ganz dieselbe, wie wir sie beim Objectivschraubenmikrometer früher beschrieben haben [cfr. pag. 94 ff., Figur 44 und 45]; in Figur 58 ist sie schematisch skizzirt. Die Platte ee trägt in einem Messingvorsprunge g' drehbar aber nicht verschiebbar die Achse einer Mikrometerschraube k. Das Gewinde der letzteren greift bei g in einen ähnlichen Vorsprung der Platte mit dem Dreieck c; diese lässt sich durch Drehen der Schraube in der Schwalbenschwanzführung von e aufwärts und abwärts bewegen. Die Grösse dieser Bewegung, welche der Höhe eines Schraubenumganges entspricht, wird an einer Theilung abgelesen, die auf die innere Platte eingravirt ist und auf ein Merkzeichen der äusseren einspielt, Bruchtheile davon liest man auf der Trommel ii ab, deren Peripherie in 100 Theile getheilt ist. Die Einrichtung $ilmk$ ist nach dem, was wir bei dem Schraubenmikrometer gesagt haben, vollkommen verständlich.

Man wird nun auch Abbildung 60, welche den ganzen Messapparat in circa $^7/_8$ der natürlichen Grösse darstellt, verstehen. Die Buchstaben

$a, b, k, g, g', i, l, m, n, u$ und r sind gleichbedeutend mit den entsprechenden in Figur 58. $a'a'$, bezeichnet die beiden Metallarme, an denen der Spiegel a drehbar befestigt ist; sie entspringen von dem Messingringe $b'b'$, welcher drehbar auf bb sitzt. Bei i' bemerkt man den Index, auf den die Trommeltheilung einspielt, und bei z ist eine kleine Handhabe, durch welche die Einstellung des Dreieckbildes, also die Verschiebung der Linse q [Figur 58] vorgenommen wird. Die Röhre u muss natürlich sehr genau auf rr, welche die Prismen enthält, passen, sonst würden die Messungen sehr ungenau ausfallen.



60.

Um mit Hilfe des Apparates Messungen auszuführen, nimmt man das Spectroskop vom Mikroskoptubus ab, setzt die Messvorrichtung vorsichtig ein und versenkt das Ganze wieder in den Tubus. Das kleine Spiegelchen am Querrohr wird nun so gerichtet, dass Licht auf das Dreieck fällt, alsdann stellt man durch die Knöpfchen am Querrohr die Linse q ein. Um während der Messung parallactische Verschiebungen zu vermeiden, muss diese Einstellung, sowie die auf die Fraunhofer'schen Linien vermittels der Schraube o Figur 57 genau auf dieselbe Sehweite geschehen. Diese beiderseitig richtige Stellung erkennt man daran, dass, wenn man das Dreieck auf eine beliebige Fraunhofer'sche Linie eingestellt hat, sich dieses beim Hin- und Herbewegen des Kopfes nicht seitwärts über die Linie verschiebt. Ist der Apparat genau gearbeitet, so gestattet er Messungen von ungemeiner Genauigkeit. Man darf denselben jedoch vor Beendigung der ganzen Messung nicht abnehmen; nach dem Wiederaufsetzen würden die Bestimmungen mit den früheren leicht um einige Theilstriche der Trommel differiren können.

Jeder Beobachter hat sich, bevor er den Apparat zu Untersuchungen benutzen kann, eine Scala anzufertigen [die für Augen von verschiedener Sehweite verschieden ausfallen wird], in welcher er sich die Lage der

einzelnen Fraunhofer'schen Linien genau verzeichnet. Diese, einmal construirt, dient allen weiteren Messungen als Grundlage. Es wird für gewöhnliche Fälle genügen, wenn man die Entfernung von der Fraunhofer'schen Linie *A* bis zu *H* oder *H'* [cfr. Figur 56 a. pag. 117] in Theilstrichen des Messapparates bestimmt [31]) und in diese Länge die durch Messung gefundenen Abstände der Linien *A*, *a*, *B*, *C*, *D*, *E*, *b*, *F*, *G* trägt. Will man dann bei den späteren Messungen jeden Fehler ausschalten, so stellt man nach Vollendung einer solchen das Dreieck auf eine beliebige Fraunhofer'sche Linie ein und controllirt, ob dasselbe genau auf dem in der Scala bezeichneten Punkte liegt; eine etwaige Differenz wird in Rechnung gezogen.

Beispiel für die Anwendung des Messapparates.

Wir fügen hier noch ein concretes Beispiel zur Illustration des soeben Gesagten an.

Es soll gemessen werden der gegenseitige Abstand der Fraunhofer'schen Linien *D*, *E*, *b*, *F*.

Man stellt das Dreieck auf den oberen Rand von *D* ein und notirt die Stellung; = 223·5.

Darauf dreht man die Mikrometerschraube bis *E* vor; Ablesung = 362·5:

also Abstand von *D* bis *E* = 139·2.

Nun dreht man bis *b* vor; Ablesung = 382·5:

also Abstand von *E* bis *b* = 20·0.

Endlich dreht man bis *F* vor; Ablesung = 490·7:

also Abstand von *b* bis *F* = 108·2.

Nach einer lithographirten Spectraltafel von Bunsen und Kirchhoff, der die Scala von 170 Theilen [s. pag. 119] zu Grunde gelegt ist, ergiebt sich:

D bis *E* = 21·2, *b* bis *F* = 15·7,

Vergleichung der Entfernungen *D E* und *b F* nach unserer Messung . . $\frac{DE}{bF} = \frac{139{\cdot}2}{108{\cdot}2} = 1{\cdot}2865.$

Vergleichung derselben Entfernungen nach Bunsen's Spectraltafel . . . $\frac{DE}{bF} = \frac{21{\cdot}7}{15{\cdot}7} = 1{\cdot}2930.$

Differenz beider Werthe = 0·0065.

*

* *

E. Benützung des Mikrospectroskops. Das Mikrospectroskop ist für den Botaniker ein so wichtiger Apparat, dass es wohl

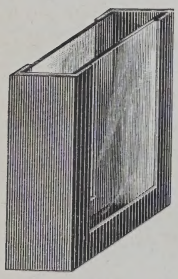
---

[31]) Für den von mir benützten Apparat (Seibert und Krafft) und mein Auge ist die Strecke *AH* gleich 762 Trommel-Theilstrichen.

von Jedem, der sich eingehender mit mikroskopischen Pflanzenuntersuchungen beschäftigt, zeitweilig zur Hand genommen werden muss. Einige Bemerkungen über den Gebrauch des Instrumentes dürften daher nicht überflüssig sein.

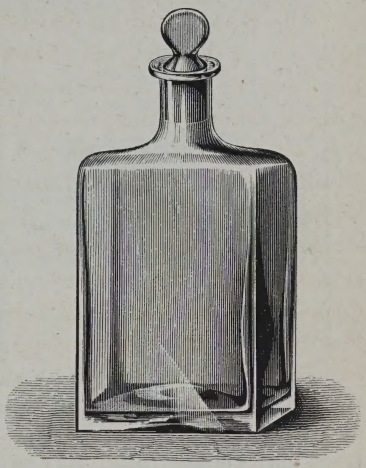
Die Natur der zu untersuchenden Objecte kann eine doppelte sein. Farbstoffe, wie Chlorophyll, Phykophaeïn etc. werden häufig in Lösung der mikrospectroskopischen Untersuchung unterworfen werden können. Allgemeines über die Herstellung der Lösungen lässt sich kaum sagen; was speciell das Chlorophyll der Phanerogamen anbelangt, so pflegt man zur Herstellung der Untersuchungsobjecte die betreffenden Pflanzentheile, z. B. Laubblätter, kurze Zeit in siedendes Wasser zu bringen, sodann mit Fliesspapier schnell abzutrocknen und behufs Extrahirung des Chlorophyllfarbstoffes längere Zeit an einem dunkeln Ort in absoluten Alkohol, Aether oder Benzol zu legen. Die Concentration der entstehenden Lösung, welche auf die Intensität des Absorptionsspectrums, auf Anzahl und Länge der Absorptionsbänder von Einfluss ist, hängt natürlich ab von der Zeit, welche die zu extrahirenden Theile im Lösungsmittel zubrachten, sodann von der Menge derselben. Gewöhnlich pflegen jedoch minder concentrirte Lösungen dieselbe Intensität des Spectrums aufzuweisen wie concentrirte, wenn sie nur in genügend dicken Schichten der Untersuchung unterworfen werden.

Man kann die Lösungen in gewöhnliche Reagenzcylinder bringen, welche mit einem Korkstöpsel fest verschlossen werden, und den gefüllten Cylinder quer über den Objecttisch des Mikroskops legen, resp. vor die Oeffnung des Vergleichsprismas halten. Für letzteren Zweck liessen sich auch kleine, offene Cuvetten aus Zinkblech verwenden, denen zwei planparallele Glasplatten eingekittet sind [Figur 61]. Bei genauen Untersuchungen sind jedoch den Cylindern Cuvettenflaschen vorzuziehen, wie eine solche in Figur 62 dargestellt ist. Es sind Stöpselflaschen mit planparalleler Vorder- und Rückwand und genau eingeschliffenem Glasstöpsel. Sie werden ganz mit der zu untersuchenden Lösung angefüllt und mit der breiten Seite auf den Objecttisch gelegt, den sie an Grösse etwas übertreffen dürfen. Sie sind zumal dann unentbehrlich, wenn man das Combinationsspectrum zweier Lösungen studiren will; in diesem Falle werden ihrer zwei mit den betreffenden Lösungen gefüllt auf dem Mikroskoptische übereinander geschichtet.



61.

Sind die spectroskopisch zu untersuchenden Objecte keine Lösungen, sondern Präparate von der Art, wie sie gewöhnlich zu mikroskopischen Untersuchungen benützt werden, so muss man zunächst ihre Einstellung auf das Objectivsystem vornehmen. Zu diesem Behufe entfernt man das die Prismen tragende Rohr [Figur 52 auf pag. 114], öffnet den Spalt etwas und gebraucht nun den Apparat als einfaches Ocular [32]). Hat man es mit kleinen Objecten zu thun, welche den Spalt nicht ganz erfüllen, so würde das an ihnen vorbeigehende Tageslicht die Beobachtung stören; in diesem Falle schaltet man das Vergleichsprisma ein, ohne jedoch Licht auf dasselbe fallen zu lassen. Darauf rückt man das Object ganz nahe an die durch Einschaltung des Vergleichsprisma gebildete dunkle Begrenzungskante, welche quer durch den Spalt geht und schiebt von der anderen Seite den Verkürzungsschieber [*f* Figur 53 auf pag. 115] soweit als nöthig vor. Sollen hingegen Objecte untersucht werden, die aus einer Anzahl einzelner Körnchen bestehen und daher im Spectrum als ebenso viele dunkle, dasselbe der Länge nach [senkrecht zu den Fraunhofer'schen Linien] durchziehende Streifen erscheinen würden, so stellt man das Mikroskop so ein, dass das Object nicht genau im Focus, sondern etwas höher oder tiefer gelegen ist; auf diese Weise erhält man ein gleichmässiges Spectrum [33]).



62.

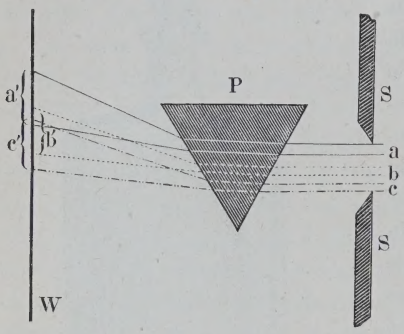
Einfluss des Spaltes auf das Spectrum. Auch bei der Untersuchung homogener Lösungen ist es keineswegs gleichgiltig, welche Weite man dem Spalt des Spectralapparates giebt, wie durch folgende Ueberlegung klar wird. Es sei *S S* [Figur 63] der Spalt eines Spectro-

---

[32]) Man vermeide es, den Spalt hierbei ganz zu öffnen, weil sich beim Wiederschliessen desselben leicht Schmutz an seinen Kanten festsetzt.

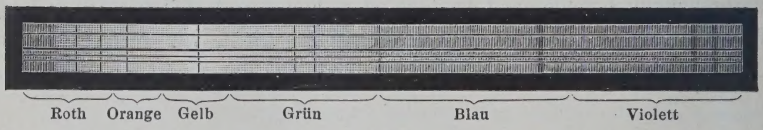
[33]) Cfr. G. Kraus, Zur Kenntniss der Chlorophyllfarbstoffe. Stuttgart 1872, pag. 12 f.

skopes, P das brechende Prisma und W ein Schirm, auf welchem das durch P erzeugte Spectrum aufgefangen wird. Der Spalt SS soll weit genug sein, um den drei weissen Lichtstrahlen a, b, c den Durchgang zu gestatten. Der Strahl a wird durch P in seine Elemente zerlegt und erzeugt auf W das Spectrum a'. Ebenso ergiebt b das Spectrum b', c das Spectrum c'. Diese drei Spectren fallen in den Mittelpartien [gelb und grün] übereinander, erzeugen hier also eine grosse Menge von Mischfarben. Hätte man aber den Spalt um das Stück cb verengert, so würde c nicht mehr auf das Prisma gelangen, das Spectrum c' nicht erzeugt werden, die Anzahl der Mischfarben in der Mitte des Gesammtspectrums also geringer sein. Hieraus geht hervor, dass das Spectrum um so reiner und farbenreicher wird, je enger der Spalt ist. Bei weiter Spaltöffnung kann das Spectrum wohl bedeutend heller sein, allein es wird nur an dem rothen und dem blauen Ende rein erscheinen, während in der Mitte ein aus allen möglichen Strahlengruppen zusammengesetztes Mischlicht herrscht, und hier Fraunhofer'sche Linien gar nicht bemerkt werden.



63.

Wie der Weite des Spaltes, so ist auch der Reinheit seiner Ränder die grösste Aufmerksamkeit zu widmen. Haben sich hier Staubtheile festgesetzt, so erscheint das Spectrum von ebenso vielen schwarzen Linien durchzogen, welche bei der Beobachtung äusserst störend sind [Figur 64]. Wie man den Spalt reinigt ist bereits früher [pag. 115] beschrieben worden.

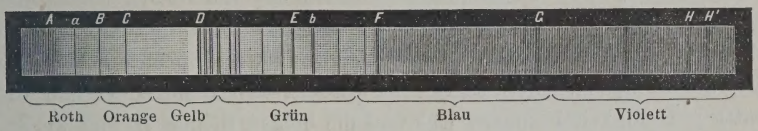


64.

Wie wir pag. 119 auseinandergesetzt haben, dient die Schraube o Figur 57 [a. pag. 118] dazu, die Ocularlinse auf den Spalt und die

Fraunhofer'schen Linien einzustellen. Die Einstellung ist für jedes Auge eine andere; man sucht durch beiderseitiges Drehen der Triebschraube den Abstand der Ocularlinse vom Spalt auf, in welchem dieser dem Beobachter ganz scharf erscheint und zugleich — wenn bei Tageslicht gearbeitet wird — die Fraunhofer'schen Linien möglichst scharf und deutlich hervortreten.

Ist der Apparat gut, so bemerkt man von den letzteren eine grosse Anzahl; sie bieten zugleich das beste Mittel, die Leistungsfähigkeit des Apparates zu controlliren. Wir geben in Figur 65 die Abbildung eines

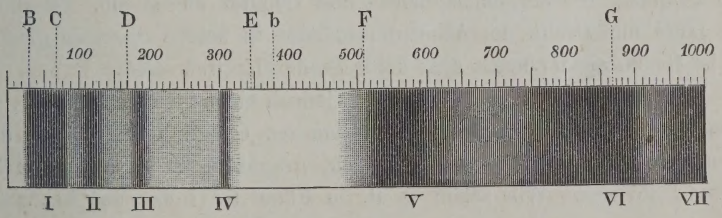


65.

Spectrums, in welches wir mit Hülfe des Seibert'schen Spectroskop die bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung sichtbaren Fraunhofer'schen Linien zwischen *D* und *F* eingetragen haben; die Abstände derselben wurden mit dem von der gleichen Firma construirten Messapparate bestimmt.

Nehmen wir nun an, wir hätten das Spectrum irgend eines Stoffes, z. B. einer Chlorophyllart zu untersuchen.

Figur 66 stellt beispielsweise das Spectrum einer alkoholischen



66.

Chlrorophylllösung aus den Blättern von *Primula* [nach Kraus] dar. Wir werden bei diesem Spectrum zu beobachten haben:

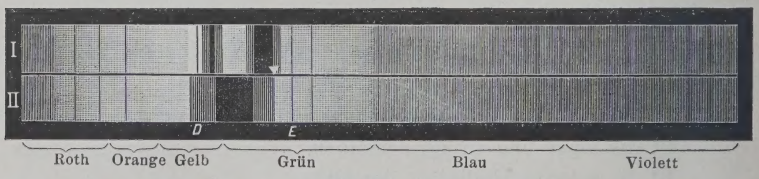
1) Die Anzahl der Absorptionsbänder,
2) die Lage und Breite derselben,
3) die relative Helligkeit derselben.

Die Anzahl der Absorptionsbänder wird selbstverständlich durch Zählen ermittelt, die Lage derselben kann auf zwei Weisen ausfindig gemacht werden. Erstlich kann man diese nämlich annähernd dadurch

bestimmen, dass man die Fraunhofer'schen Linien ins Auge fasst, die Stellung der Bänder zu denselben abschätzt und ihre Breite nach dem Abstand zweier in der Nähe befindlicher Linien abwägt. Allein diese Methode kann immerhin nur annähernde Resultate gewähren, will man genau arbeiten, so wird man stets den Messapparat zur Hand nehmen. Man führt die Messung so aus, dass man das Dreieck über die ganze Länge des Spectrums fortbewegt und am Anfang und Ende jedes Bandes die Stellung des Index notirt [übrigens s. o. pag. 122 f.]. Sehr schwierig ist es, die relative Helligkeit der Absorptionsbänder zu schätzen, da hier ja auch subjectives Ermessen im Spiele ist. Im vorliegenden Falle würden wir zu dem Resultate kommen, dass die Absorptionsbänder *B C* (Band I) und *F* (Band V) die dunkelsten sind, die Spectralfarben hier also am vollkommensten ausgelöscht werden, dass Band II, VI und VII mittlere Helligkeit besitzen, während die beiden Bänder III und IV die hellsten sind. Andere, mechanische Hilfsmittel für diese Bestimmung sind bis jetzt nicht vorhanden, ein Mikrospectro-Photometer giebt es unseres Wissens nicht.

Da die Ausmessung der Breite und Lage der Absorptionsbänder häufig sehr zeitraubend ist, so wendet man, wenn man Spectren solcher Stoffe zu untersuchen hat, die anderen, bereits bekannten ähnlich zu sein scheinen, mit Vortheil die Methode der Spectrenvergleichung an. Man bringt den zu untersuchenden Stoff [angenommen er sei eine Lösung] in der Cuvette auf den Objecttisch, die bekannte Lösung vor die Oeffnung des Vergleichsprismas und schaltet dieses ein. Ist dann die Lage und Breite der Absorptionsbänder in beiden Spectren gleich, so ist Grund anzunehmen, dass beide Stoffe identisch seien.

Handelt es sich um verwandte, jedoch nicht identische Stoffe, so pflegen die Spectren Differenzen geringeren Grades aufzuweisen, die dann mit Hilfe des Messapparats leicht graphisch zu Papier gebracht werden können. Wir sehen z. B. in Figur 67 I das uns bekannte



67.

Spectrum des Oxyhämoglobins abgebildet, mit demselben ist das Spectrum eines Stoffes [Hämoglobin, reducirtes Hämoglobin] zu ver-

gleichen, welcher entsteht, wenn man zu der Lösung des ersteren einige Tropfen ammoniakalischer Eisenoxydultartratlösung giebt [II].

Wir wollen hier nur die Absorptionsbänder zwischen *D* und *E* betrachten. Die Länge der dunkelsten Partie des Absorptionsbandes von II brauchen wir bei dieser Vergleichung nicht auszumessen, da sie genau zwischen den beiden dunkeln Bändern des Vergleichsspectrum I gelegen ist. Dieses ist nur für die äussersten Grenzen der helleren Absorptionsstreifen nöthig. Zu diesem Behufe wird das Messdreieck auf die dunkle Linie zwischen beiden Spectren eingestellt und die Grenzen der Absorptionsstreifen von II nach den nächstliegenden Grenzen von denen in I bestimmt [Figur 67].

Sollen Spectren derselben Flüssigkeit in verschieden dicken Schichten untersucht werden, so füllt man sie in lange, unten gerade abgeschmolzene Glasröhren, welche man nach Pringsheim's Vorgange in die Mikroskopröhre hineinschiebt, nachdem man das Objectiv abgeschraubt hat. Man kann durch allmähliches Auffüllen der Lösung dann leicht die Veränderungen beobachten, welche im Spectrum vor sich gehen[34]).

---

[34]) Zur Technik der mikrospectroskopischen Untersuchungen sehe man übrigens: G. Kraus, Zur Kenntniss der Chlorophyllfarbstoffe, Stuttgart 1872. – Pringsheim, Ueber die Absorptionsspectra der Chlorophyllfarbstoffe [Monatsberichte der k. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, October 1874, pag. 628—659 nebst 1 Tfl.]. — Nägeli und Schwendener, Das Mikroskop pag. 436—440.

DRITTER ABSCHNITT.

Das mikroskopische Präparat.

I. Einleitung.

Obgleich es viele Gelegenheiten giebt, fertige mikroskopische Präparate käuflich zu erwerben, so ist doch Jeder, der das Mikroskop zu etwas mehr als zur Spielerei zu benützen wünscht, gezwungen, sich die der Beobachtung zu unterwerfenden Pflanzentheile selbst in einen Zustand zu versetzen, in welchem sie den Anforderungen mikroskopischer Untersuchungen genügen. Häufig wird es dann auch wünschenswerth sein, das untersuchte Object so zuzubereiten, dass es eine längere Aufbewahrung verträgt und jeden Augenblick sofort unter das Mikroskop gelegt werden kann. Es hat sich daher vorzüglich in neuerer Zeit eine mikroskopische Technik ausgebildet, deren Erlernung zwar eine ziemlich lange Lehrzeit voraussetzt, die aber, wenn man es an Zeit und Ausdauer nicht mangeln lässt, wohl von Jedem erlernt werden kann. Zumal für Diejenigen, welche noch keine Geduld haben, ist das Präpariren mikroskopischer Gegenstände das beste Mittel, solche zu erlangen; Diejenigen aber, welche bereits Geduld besitzen, werden sie beim Präpariren häufig genug verlieren. Man scheue jedoch anfängliche Misserfolge nicht, selbst wenn sie sich vielfach wiederholen sollten; man vergegenwärtige sich, dass Beharrlichkeit stets zum Ziele führt.

Wie bemerkt, ist die Ausbildung der mikroskopischen Technik neueren Datums. Früher begnügte man sich damit, einen Pflanzentheil einfach durch Quetschen für die Beobachtung vorzurichten, oder ihn auch wohl ohne weiteres in das Gesichtsfeld des Mikroskopes zu bringen,

Sachs hat in seiner Geschichte der Botanik[1]) dargethan, von welch' traurigem Einfluss diese rohe Präparationsmethode im ganzen vorigen Jahrhundert auf die Entwicklung der Pflanzenanatomie gewesen ist. Es war im ersten Drittel unseres Jahrhunderts Hugo v. Mohl vorbehalten, die Präparation mikroskopischer Objecte auf die in der Neuzeit erreichte Höhe zu bringen. Er betonte zuerst, dass jedes Präparat womöglich in Flüssigkeit liegend der mikroskopischen Untersuchung unterworfen werden müsse; er führte zuerst allgemein das Deckglas ein.

Fast noch recenteren Datums ist die Herstellung derjenigen Präparate, welche eine längere Aufbewahrung vertragen, die sogenannten Dauerpräparate. Wer hätte nicht schon die alten Mikroskopen beiliegenden Holzstreifen gesehen, mit einer Reihe von Löchern, in die zwei runde Gläser vermittels eines federnden Metallringes geklemmt wurden, welche zwischen sich die Präparate trugen: 1) einen Mückenflügel; 2) ein Moosblatt; 3) ein menschliches Haar; 4) einen Spinnenfuss; 5) eine Leinwandfaser und 6) — die Hauptsache — einen Floh![2]) Wie kläglich es noch zu Hugo v. Mohl's Zeit mit der Herstellung der Dauerpräparate bestellt war, davon macht man sich am ehesten einen Begriff, wenn man den Schluss seiner Mikrographie von 1846 durchliest.[3]).

Er schlug vor, die Objecte, falls sie eine trockene Aufbewahrung vertrügen, zwischen zwei Spiegelglasplatten [von der Grösse unserer Objectträger] zu bringen und das Eindringen von Staub durch Verkleben der Ränder mit Papierstreifen zu verhüten. Um Objecte im feuchten Zustande zu conserviren, könne man ein Tröpfchen Chlorcalciumlösung zwischen die beiden Spiegelgläser bringen, das Object hineinlegen und durch zwei mit dicker Gummilösung bestrichene, quer zwischen die Gläser gelegte Papierstreifen den Verschluss hervorbringen. Heutigentags denkt Niemand mehr an diese Art der Conservirung; wir werden später sehen, dass man jetzt andere, ungleich bessere Aufbewahrungsmethoden besitzt.

*
* *

[1]) pag. 265 ff.

[2]) In dem uns aufbewahrten Katalog der Leeuwenhoek'schen Sammlung mikroskopischer Präparate [cfr. Harting, Mikr. pag. 918 f.] figuriren auch „Ein Haar aus der Nase" und „Noch nicht ausgekrochene Austern in einer kleinen Röhre".

[3]) pag. 328 ff.

Es ist vor allem nöthig, sich darüber klar zu werden, wie ein mikroskopisches Präparat beschaffen sein muss, wenn es allen Anforderungen genügen soll.

Die erste, in allen Fällen an dasselbe zu stellende Forderung ist die, dass der betreffende Pflanzentheil von Natur so dünn sei oder durch das Präpariren so dünn werde, dass er dem Licht ungehinderten Durchtritt gestattet, also vollkommen durchsichtig ist. Das Beobachten opaker Gegenstände mittels auffallenden Lichtes kommt in der Pflanzenanatomie meines Wissens nicht vor. — Das Präparat muss ferner die zu untersuchenden Stellen im unverletzten Zustande aufweisen. Objecte, welche zwar dünn genug sind, deren einzelne Theile aber auseinander gezerrt und zerrissen sind, können in gewöhnlichen Fällen für die Untersuchung nicht genügen. Endlich muss das Object in einem Medium [Flüssigkeit etc.] beobachtet werden, welches die Structur desselben in möglichst natürlichem Zustande hervortreten lässt. Ich sage, in möglichst natürlichem Zustande, denn es dürfte vielleicht keine Flüssigkeit bekannt sein, welche die mikroskopischen Objecte ganz natürlich zeigte.

Eine Flüssigkeit, welche man dem mikroskopischen Objecte zusetzt, kann an dasselbe entweder Flüssigkeit abgeben oder ihm solche entziehen. Im ersten Falle tritt Quellung, im zweiten Schrumpfung des betreffenden Organes ein. Bringt man z. B. Chlorophyll- oder Stärkekörnchen in Chlorcalciumlösung, so quellen sie sofort auf, während Zellwände darin ziemlich unverändert bleiben, letztere erleiden aber sofort Quellung, sobald sie in concentrirte Chlorzinkjodlösung gelegt werden. Kaliumbichromat und Chromsäure, ferner Alkohol und Glycerin lassen sehr häufig eine Schrumpfung eintreten, so contrahirt letzteres regelmässig den Primordialschlauch. Man könnte vielleicht meinen, das Wasser verhielte sich den Präparaten gegenüber indifferent, allein auch das ist keineswegs der Fall. So wie Gummi arabicum in Wasser schnell zu einem Schleim aufquillt, ebenso verändern sich alle verschleimten Zellwände etc. sofort in diesem Medium, indem sie beträchtlich aufquellen. Man hat deshalb in jedem einzelnen Falle das betreffende Medium für die Untersuchung auszuwählen und wird z. B. von verschleimenden Zellwänden in absolutem Alkohol ein viel natürlicheres Bild erhalten als im Wasser.

Es ist bekannt, dass Flüssigkeiten ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen besitzen als die Luft. Man drückt die Grösse desselben aus durch den Brechungsindex oder den Brechungsexponenten, d. h. durch das für den Uebergang des Lichtes aus Luft in eine be-

stimmte Flüssigkeit für letztere constante Verhältnis zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und dem Sinus des Brechungswinkels. — So sind die Brechungsexponenten einiger für mikroskopische Zwecke wichtigen Flüssigkeiten folgende:

Anisöl	1·811
Tolu-Balsam	1·628
Cassiaöl	1·610
Canadabalsam	1·530
Citronenöl	1·527
Terpentinöl	1·476
Reines Glycerin	1·475
Olivenöl	1·470
Schwefelsäure	1·430
Glycerin u. Wasser [gleiche Theile]	1·400
Eisessig	1·380
Alkohol	1·370
Aether	1·360
Eiweiss	1·350
Wasser	1·336

Es ist nun eine bekannte Thatsache, dass ein Gegenstand um so deutlicher sichtbar ist, je mehr er sich in seinem Brechungsvermögen von dem umgebenden Medium unterscheidet. Wir haben schon früher [pag. 47 u. a.] erfahren, dass es nicht gleichgiltig ist, ob man die als Probeobjecte für das Mikroskop verwandten Präparate [Schmetterlingsschuppen, Diatomeen] trocken eingeschlossen, also von Luft umgeben, oder in Canadabalsam liegend der Besichtigung unterzieht. Im ersten Falle sind die zarten Zeichnungen durchschnittlich viel leichter zu sehen, als in letzterem. Sehr zarte Pflanzenstructuren werden daher in Glycerin viel schwieriger zu erkennen sein, als in Wasser; es empfiehlt sich, zu ihrer Beobachtung Zusatzflüssigkeiten mit möglichst geringem Lichtbrechungsvermögen zu verwenden.

Ist aber ein Präparat aus irgend einem Grunde für die mikroskopische Beobachtung zu undurchsichtig, so bieten uns Flüssigkeiten von grösserem Lichtbrechungsvermögen ein ausgezeichnetes Mittel, dasselbe durchsichtiger zu machen, somit Details zur Anschauung zu bringen, welche in Wasser oder Flüssigkeiten von ähnlichem Brechungsexponenten nicht gesehen werden können. Der Anfänger kann sich die aufhellende Kraft verschieden brechender Flüssigkeiten am einfachsten zur Anschauung bringen, wenn er grosskörnigen Pollen [von *Epilobium*, *Cu-*

curbita, *Malva* u. a.] zuerst in Alkohol, dann in Glycerin, in Canadabalsam und in Anis- oder Nelkenöl betrachtet. — Handelt es sich darum, eine Flüssigkeit von passendem Aufhellungsvermögen für ein Präparat zu finden, so sucht man sie am zweckmässigsten nach der gegebenen Tabelle aus.

„Wie sehr durch das Brechungsvermögen der Zusatzflüssigkeit das Ansehen eines mikroskopischen Objectes bestimmt werden muss, leuchtet ein. Ein feiner Glasstab in Wasser liegend, wird bei der Verschiedenheit der Brechungsexponenten richtig leicht erkannt werden. Legen wir ihn in Canadabalsam ein, wobei jene nahezu gleich werden, so hört der Glasstab auf zu glänzen und kann nur bei grosser Aufmerksamkeit von einem flachen Bande noch unterschieden werden. Wählt man als Zusatzflüssigkeit Anisöl, so erhält man ein Bild, als ob innerhalb des Oels ein Hohlgang verlaufe“ [Welcker] [4]).

2. Darstellung von Objecten ohne Schneide-Instrumente.

Nur in seltenen Fällen wird man mikroskopische Objecte gewinnen können, ohne vorher einen Pflanzentheil mit dem Messer zu bearbeiten. Dahin gehören alle solche Pflanzen und Pflanzenorgane, welche so dünn sind, dass sie ohne weiteres unter das Mikroskop gelegt werden können; ferner diejenigen Fragmente dickerer Pflanzentheile, welche man durch Maceration oder durch Glühen gewinnt.

A. Objecte zu sofortiger Beobachtung. Als solche nennen wir zunächst zarte Haargebilde der höheren Pflanzen, ferner leicht abziehbare Oberhautstücke, sodann die aus einer Zelllage bestehenden Blätter der Laub- und Lebermoose, endlich eine grosse Anzahl von Algen und Pilzen.

Zarte Haargebilde aller Art braucht man nur mit einem scharfen Messerchen von der Pflanze zu trennen, oder selbst nur mit einer scharfen Pinzette abzureissen, um sie in Wasser oder Glycerin sofort der Untersuchung unterwerfen zu können. Auf diese Weise gewinnt man z. B. die schönen Präparate, welche die Circulation des Protoplasma in den Staubfädenhaaren von *Tradescantia* oder in den Wurzelhaaren

---

[4]) Frey, Das Mikroskop, Leipzig 1877, pag. 73.

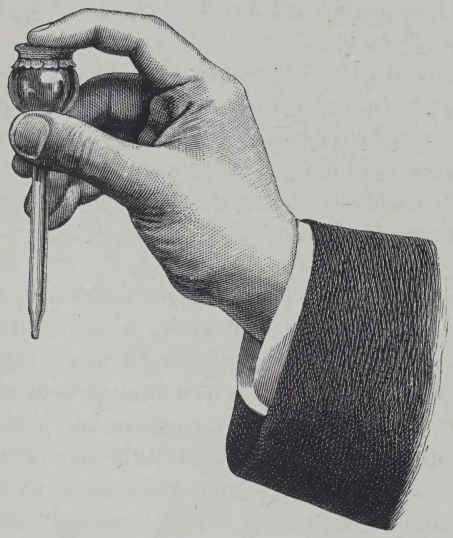
von *Hydrocharis Morsus ranae* zeigen. — Ebenso lassen sich Stücke der Epidermis höherer Pflanzen, welche man mit Hilfe der Pinzette von den Laubblättern abgezogen hat, sofort zur Beobachtung verwenden; am leichtesten gelingt die Procedur bei den Blättern mancher Monocotyledonen [*Leucojum, Galanthus, Hyacinthus, Orchis*]. — Die Blätter der Laub- und Lebermoose werden mit einer Pinzette von dem Stengel der Mutterpflanze abgebrochen, um sofort im Wassertropfen unter das Mikroskop gelegt zu werden.

Von den niederen Thallophyten lässt sich eine ganze Anzahl ohne vorgängige Präparation in Wasser liegend zur Untersuchung verwenden. Von mehrzelligen Pflanzen gehören hierher die Hydrodictyeen, Ulotrichaceen, Zygnemaceen, Mucorineen, Piptocephalideen, Sphaeropleeen, Oedogoniaceen, Confervaceen, viele Ulvaceen, Coleochaeteen und manche andere, sodann die grosse Menge der einzelligen Thallophyten mit Einschluss aller Schwärmsporen.

Die einzelligen Organismen sind wegen ihrer vollständig oder nahezu mikroskopischen Kleinheit oft schwer in den Beobachtungstropfen unter das Mikroskop zu bringen; viele gelangen hier nur durch glücklichen Zufall hin. Die grösseren von ihnen kann man jedoch am besten durch folgendes, einfaches Mittel, welches zuerst von Ehrenberg angegeben wurde, auffinden: Man füllt ein geräumiges Uhrgläschen mit einer Portion des Wassers, in welchem man grössere Formen einzelliger Algen etc. vermuthet und stellt es auf ein weisses, zur Hälfte mit Tusche geschwärztes Papierstück dergestalt, dass die eine Hälfte des Glases weissen, die anderen schwarzen Untergrund besitzt. Auf dem schwarzen Untergrunde heben sich die hellgefärbten, auf dem weissen die dunkelgefärbten Pflänzchen ab. Betrachtet man nun das Glas durch eine nicht zu schwache Lupe, so wird man alsbald die Hauptformen herauserkennen. Auf diese Weise gelang es mir z. B. stets leicht, *Pediastrum*- und *Closterium*arten, *Pandorina Morum* und viele andere zu erkennen, ja von ersterer Gattung annähernd die Art abzuschätzen.

Oft hat man in einem mit algenhaltigem Wasser gefüllten Cylinder die gewünschte Art entdeckt und will dieselbe der Beobachtung unterwerfen. Es gelingt dieses meist, wenn man eine an beiden Seiten gerade abgeschnittene Glasröhre [von beiläufig 2—3 mm Lumen] oben mit dem Zeigefinger der rechten Hand verschliesst und langsam in das Wasser senkt. Dieses kann, da die Röhre oben verschlossen ist, nicht in sie eindringen. Man bringt die Röhre mit ihrer unteren Mündung über die im Wasser flottirende Alge und öffnet oben plötzlich. Das Wasser dringt mit um so grösserer Gewalt in die Röhre hinein, je

höher die über ihrer unteren Oeffnung befindliche Wassersäule ist und reisst die in der Nähe schwimmenden Gegenstände, also auch unsere Alge mit sich fort. Die Röhre wird nun oben wieder verschlossen und schnell aus der Flüssigkeit gehoben. Ihren Inhalt giesst man in ein Uhrgläschen, um hier auf beschränktem Gebiete auf die Alge Jagd zu machen, oder man lässt, im Falle das Pflänzchen als Pünktchen in der Röhre sichtbar ist, durch vorsichtiges, theilweises Oeffnen soweit abtropfen, bis die Alge in den unteren hängenden Tropfen geräth und fängt letzteren schnell mit einem Objectträger auf. Noch besser kann man mit dem in Figur 68 abgebildeten Apparat durch Abtropfen die Algen sofort auf den Objectträger bringen. Die Vorrichtung besteht aus einer oben halbkugelig-erweiterten Glasröhre mit etwas ausgezogener unterer Spitze. Die obere, gerandete Oeffnung des halbkugeligen Theiles ist mit einem Kautschukplättchen überbunden. Der Gebrauch ist ohne weiteres verständlich [5]).



68.

B. Die Maceration oder Erweichung. Diese Präparationsmethode beruht auf dem Umstande, dass Pflanzengewebe, welche

[5]) Falls man über ein Glasgebläse verfügt, kann man sich diese Vorrichtung leicht selbst darstellen: Eine nicht zu dünnwandige Glasröhre von beiläufig 5 mm Lumen wird zugeschmolzen, an diesem Punkte die Glasmasse in der Flamme auf bekannte Weise angestauet, und eine Kugel von circa 30 mm Durchmesser angeblasen. Man lässt darauf die vordere Kugelhälfte wieder einsintern, bläst rasch die dadurch entstehende glühende Fläche zu einer grossen Kugel auf, jedoch mit solcher Gewalt, dass sie platzt. Ueberflüssige Fetzen des dünnen Glases werden mit der Zange abgebrochen, die anderen in der Gebläseflamme zu dem vorstehenden Rande zusammensinken lassen, den man durch stärkeres Glühen unter sehr raschem Drehen in der Flamme leicht ganz gleichmässig machen kann.

längere Zeit in gewisse Flüssigkeiten gelegt werden, darin einer theilweisen Zerstörung unterliegen, während andere Theile der Zerstörung Widerstand leisten, also von einander getrennt werden und nun im isolirten Zustande für die Beobachtung tauglich sind.

Sehr zarte Pflanzentheile werden schon durch längeres Liegen in destillirtem Wasser macerirt, man kann den Process durch Erwärmen des Wassers ungemein beschleunigen. Auf diese Weise lässt sich z. B. die Epidermis vieler Laubblätter, zumal der oben genannten Monocotylen als grosse, zusammenhängende Häutchen gewinnen. Endlich werden andere weiche Pflanzentheile durch anhaltendes Kochen in Wasser macerirt. Hartig [6]) empfiehlt ein blechernes, gut verzinntes Gefäss, dessen gut schliessendem Deckel eine meterlange Glasröhre in schräger Richtung aufgelöthet ist. Die Glasröhre gewährt den Vortheil, dass man die Objecte beliebig lange Zeit kochen kann, da die in der Röhre sich verdichtenden Wasserdämpfe in das Gefäss zurückfliessen.

Ein Verfahren, um verholzte Pflanzenorgane zu maceriren, ist von M. Schultze angegeben worden; es besteht darin, das zu macerirende Gewebe mit Kaliumchlorat und Salpetersäure bei erhöhter Temperatur zu behandeln. Man kocht die Gewebe in einem kleinen Kölbchen mit Salpetersäure, dem man etwas Kaliumchlorat zugesetzt hat, einige Secunden. Dann giesst man das Ganze in eine reichliche Wassermenge aus, fischt die Pflanzengewebe mit einem Glasplättchen auf und kann sie nun leicht mit zwei Nadeln zerzupfen [Harting] [7]). — Hartig [8]) bringt kleine Stückchen des zu prüfenden Zellgewebes mit dem gleichen Volumtheil Kaliumchlorat in einen Reagenzcylinder, übergiesst mit concentrirter Salpetersäure und erwärmt über der Weingeistflamme zum Kochen, bis die Zellen sich lösen, worauf mit Wasser ausgewaschen wird. — Es braucht wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden, dass durch diese Methode alle Zellbestandtheile mit Ausnahme mancher Zellwände zerstört werden [9]).

Nach Hartig [10]) leisten auch künstliche Frostmischungen ein gutes Mittel, das Zellgewebe reifender oder keimender Sämereien in seine Einzeltheile zu zerlegen. Als Kältemischung dient gepulvertes Glaubersalz und Salzsäure, in welcher eine Kälte von — 12° ohne besondere

---

[6]) Hartig, Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeimes. Leipzig 1858 pag. 153.

[7]) Harting, Das Mikroskop pag. 394.

[8]) Hartig, l. c. pag. 153.

[9]) Kabsch in Pringsheim's Jahrb. Bd. III. pag. 357 ff.

[10]) Hartig l. c. pag. 153.

Vorrichtungen auch bei höherer Sommerwärme leicht zu erzeugen ist. Das Object wird in einem dünnwandigen Reagenzcylinder so lange in der Mischung gelassen, bis die Temperatur derselben über 0° gestiegen ist.

C. Einäscherung und Entkalkung. Den Oberhautschichten vieler Pflanzen ist bekanntlich Kieselsäure eingelagert, wodurch sie eine beträchtliche Starrheit erlangen. Da die Kieselsäure sowohl durch Mineralsäuren wie durch Glühen nicht zerstörbar ist, so lässt sie sich nach Zerstörung der zarteren Gewebetheile leicht als Siliciumskelett gewinnen. Zu diesem Zwecke behandelt man das betreffende Gewebe [z. B. ein Epidermisstück von *Equisetum hiemale*] zuerst mit dem Schulze'schen Macerationsgemisch bis zur Entfärbung, wäscht dann gut aus und glüht das Residuum auf dem Platinblech [11]). Auf diese Weise kann man auch das Kieselskelett der Diatomaceen in reinem Zustande darstellen [cfr. pag. 47 f.] — Sachs [12]) wendet folgendes Verfahren für die Einäscherung an: „Um schöne Skelette zu gewinnen, ist es nöthig, die abgezogene Epidermis oder dünnen Schnitte zuvor mit Salpetersäure oder Salzsäure auszulaugen und sie dann auf Platinblech zu verbrennen. Ich habe eine andere Methode noch viel bequemer gefunden; ich lege grössere Stücke des Gewebes [z. B. von Grasblättern, Equisetenstengeln u. s. w.] auf Platinblech in einen grossen Tropfen concentrirter Schwefelsäure und erhitze über der Flamme; die Säure wird sofort schwarz, es erfolgt eine heftige Gasbildung; man glüht so lange, bis nur die reine, weisse Asche übrig bleibt. Dieses tritt hier sehr bald ein, während das Einäschern sonst meist sehr zeitraubend ist und oft keine ganz farblosen Skelette liefert".

Manche Zellen enthalten Kalksalze an- oder aufgelagert, wodurch sie undurchsichtig, somit für die mikroskopische Beobachtung untauglich werden. In vielen Fällen lässt sich das Kalksalz — wenn es nämlich wie gewöhnlich Calciumcarbonat ist — durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure entfernen [*Chara*arten, Corallineen]. Man bringt zu diesem Zwecke die Schnitte, respective die ganzen Pflänzchen, kürzere oder längere Zeit in kalte Säure, welche den incrustirenden Kalk unter Kohlensäureentwicklung löst.

---

[11]) Hugo v. Mohl in Botan. Zeitung, 1861 pag. 208.
[12]) Sachs, Lehrb. der Botanik III. Auflage pag. 38.

3. Instrumente zur Herstellung mikroskopischer Dünnschnitte.

Mit Ausnahme der soeben aufgeführten, wenig zahlreichen Fälle, wird an den Mikroskopiker stets die Aufgabe herantreten, von dem zu untersuchenden Organ einen sehr zarten, vollkommen transparenten Durchschnitt zu gewinnen. Man hat hierzu verschiedene Instrumente nöthig, von deren sicheren Führung und deren Instandhaltung das Gelingen des Präparates wesentlich abhängig ist. Es ist daher unsere Aufgabe, uns mit den Präparirinstrumenten genauer bekannt zu machen, ehe wir uns zur Darstellung der Schnitte selbst wenden.

Früher war man der Meinung, dass — wie sich v. Mohl [13]) in der ihm eigenen, treffenden Weise ausdrückt — das künstlich potenzirte Auge auch künstlich potenzirte Hände erfordere, dass die Präparation der Objecte durch vielerlei Instrumente und einen künstlichen Apparat erleichtert werden könne. „Mit allen diesem wird wenig geholfen sein. Man gewöhne seine Hand an sichere und stete Bewegungen, dann wird der einfachste Apparat genügen. Auf Niemand passt der Ausspruch Franklin's, der Naturforscher müsse mit einem Bohrer sägen und mit einer Säge bohren können, mehr als auf den Mikrographen". Diesen Worten des grossen Anatomen müssen auch wir uns hier auf das engste anschliessen; auch wir glauben, dass derjenige der geschickteste Präparator ist und die besten Resultate erzielen wird, der es versteht, mit möglichst wenigen und möglichst einfachen Instrumenten zu arbeiten. Ebenso wenig wie sich für den calculirenden Verstand eine — allerdings für Manchen sehr wünschenswerthe — Schraubenführung construiren lässt, die ihn mechanisch mit mathematischer Gewissheit auf die richtige Schlussfolgerung hinführt, ebenso wenig kann ein Apparat ersonnen werden, der in der Hand des Ungeschickten und Flüchtigen brauchbare Untersuchungsobjecte für das Mikroskop liefert.

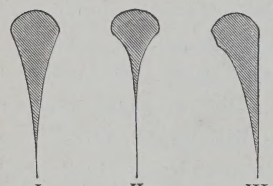
Die von dem mikroskopischen Präparator gewöhnlich angewandten Instrumente sind Rasirmesser, Scalpelle, Lanzetten, Scheeren, Nadeln und Pinzetten.

A. Rasirmesser. Das Rasirmesser nimmt unter den Präparirinstrumenten des Mikroskopikers die hervorragendste Stelle ein. Man wendet die für Barbierzwecke hergestellten Formen des Handels an,

[13]) H. v. Mohl, Mikrographie pag. 255 f.

mit einer Klinge, welche im Hefte beweglich ist[14]). Die Anforderungen, welche man an ein brauchbares Rasirmesser stellen soll, sind etwa die folgenden. Das Rasirmesser sei zwar möglichst solide gearbeitet, dabei aber verhältnismässig leicht. Messer, welche ein schweres Heft oder eine sehr massige Klinge besitzen, ermüden während des Schneidens alsbald die Hand. Ferner sei die Kehle an der Basis der Klinge rund und stumpfkantig, nicht winklig und scharfkantig. Dieses — obgleich es gewöhnlich gar nicht beachtet wird — ist wichtig, weil man beim Schneiden die Daumenspitze in die Kehle zu legen hat; ist sie winklig und scharf, so ist eine zeitweilige Verletzung der Daumenhaut kaum zu vermeiden. Endlich sei die Klinge des Messers vom besten, gut gehärteten Stahl und möglichst breit.

Was die Form der Klinge betrifft, so wählt man am zweckmässigsten zwei Sorten. Nämlich einmal eine ziemlich dicke Klinge, welche auf dem Durchschnitt etwa die Figur 69 I ergeben würde. Sie ist nur wenig hohl geschliffen und darf auf dem Fingernagel nicht federn. Als zweite Sorte nimmt man eine sehr hohl geschliffene, somit blattförmige Klinge (Figur 69 II, Durchschnitt), welche federt, wenn man sie auf den Daumennagel stösst und beim Anschlagen mit dem Finger klingt. Die letzte Form ist gewöhnlich bei den Instrumentenmachern nicht zu finden, kann jedoch durch Schleifen aus der erstgenannten hergestellt werden. — Endlich sind in neuerer Zeit Messer empfohlen worden, deren Klinge auf der Oberseite hohl, auf der Unterseite eben ist (Figur 69 III); sie leisten auch beim Schneiden von Hölzern recht gute Dienste, leiden aber an dem Uebelstande, dass sie sich schwer schärfen lassen.



69.

Das Rasirmesser ist für den Phytotomen das, was für den Bildhauer der Meissel, für den Maler der Pinsel ist. Er braucht es zur Herstellung fast jeden Präparates und er hat daher seiner Instandhaltung die allergrösste Aufmerksamkeit zu widmen.

Hat das Messer durch Unvorsichtigkeit eine Scharte erhalten, so ist allerdings das einfachste Mittel, dieselbe zu entfernen, das Messer zum Instrumentenschleifer zu tragen. Aber der richtige Mikroskopiker soll nicht

---

[14]) Von einigen mikroskopischen Instituten werden Rasirmesser geliefert, bei denen die Klinge, nachdem sie geöffnet ist, im Heft festgestellt werden kann. Sie mögen beim Schneiden mit dem Mikrotom recht praktisch sein, für die Führung mit der freien Hand taugen sie aber nicht viel.

bei jeder Kleinigkeit von einem Andern abhängig sein, um so mehr, als das Entfernen der Scharten mit leichter Mühe von ihm selbst bewerkstelligt werden kann. Zu diesem Zwecke wird das schartige Messer zuerst auf dem Oelsteine bearbeitet, bis jede auch noch so kleine Scharte verschwunden ist. Hierzu sind gewöhnlich 5 bis 10 Minuten erforderlich.

Der Oelstein ist ein Schleifstein aus glattgeschliffenem, amorphen Quarz; die besten und härtesten werden aus Nordamerika eingeführt. Man giebt auf den reinen Stein einen Tropfen Baumöl, öffnet das Messer, legt die Klinge mit Rücken und Schneide gleichzeitig flach auf, und zieht diagonal über den Stein hinweg, den Messerrücken voranführend. Am oberen Ende des Steines angekommen, dreht man das Messer auf dem Rücken um, so dass dieser nun dem Schleifenden zugekehrt ist, während die Schneide abgewandt ist und zieht das Messer, den Rücken voran, wieder nach dem Ausgangspunkte zurück. Dies wird genügend oft wiederholt. Wird das Schleifen richtig vollführt, so muss dabei ein eigenthümliches Geräusch entstehen; das Messer muss über den Stein „gezogen" werden, wie der Techniker sagt. Sind durch andauernde Arbeit auf dem Oelstein alle Scharten entfernt, so vertauscht man den Quarzstein mit einem weicheren von Schiefergestein, worauf in gleicher Weise, aber mit Wasser gearbeitet wird [15]). Man hat nun eine zwar schartenlose, aber trotzdem noch nicht ganz glatte Schneide erlangt; man kann sich leicht mit der Lupe überzeugen, dass die Klinge am Rande der Schneide mit feinen Rillen bedeckt ist, die schräg zur Längsachse des Messers stehen. Diese werden nun auf dem Streichriemen beseitigt.

Man hat dem Streichriemen bekanntlich die verschiedenste Form und Grösse gegeben; es giebt auch sehr schlechte und gute; nur die letzteren sind für unseren Zweck empfehlenswerth. Hat man Gelegenheit, sich einen Streichriemen zu verschaffen, der bereits lange Zeit von einem Barbier benützt wurde und durch den Gebrauch eine vollständig glatte, glänzende Oberfläche erhalten hat, so nehme man einen solchen; er ist viel besser als diejenigen, welche man beim Instrumentenmacher in den elegantesten Futteralen erstehen kann. Da man aber gewöhn-

---

[15]) Der Name für diese Schleifsteine ist mir nicht näher bekannt. Sie sind 17·7 cm lang, 4 cm breit und bestehen aus einer 4 mm dicken Lamelle eines sich fettig anfühlenden, gelblichen, mit dem Messer ritzbaren Gesteins, welche durch irgend ein Bindemittel auf eine 7 mm dicke, bläuliche Schieferplatte aufgeklebt ist. Sie sind in grösseren Kurzwaarenlagern für ca. 1 Mark das Stück zu haben. — Ist der Stein durch das zu schleifende Messer rissig geworden, so kann er mit einem ganz feinen Schmirgelpapier [Improved Emery and Glass Cloth. London. Nro. 00] wieder vollständig geglättet werden.

lich auf die käuflichen Fabrikate angewiesen ist, so mögen hier zwei Sorten derselben genannt werden, welche empfehlenswerth sind.

Einen recht brauchbaren Streichriemen liefert die Firma J. P. Goldschmidt in Berlin [k. k. österr. privileg. Streichriemen-Fabrik]. Derselbe besteht aus einer dicken, stark riechenden Ledersorte und kann durch eine Schraubenvorrichtung beliebig straff gespannt werden. Er besitzt zwei Streichflächen, eine rothbraune und eine schwarze. Man spannt den Riemen zum Gebrauch ziemlich straff, und zieht das Rasirmesser — wie es beim Oelsteine beschrieben wurde, also flach aufgelegt und stets den Rücken voran — einige Dutzendmal erst auf der rothbraunen, dann auf der schwarzen Seite auf und ab. — Der Streichriemen wird alle 3 bis 4 Monate mit einem Tropfen reinen Baumöles vermittels des Fingers eingerieben.

Für gewöhnliche Fälle kann man sich vielleicht mit dieser Herrichtung des Rasirmessers begnügen, allein es empfiehlt sich die Anwendung folgender Mittel, um die Schneide noch vollkommener zu machen.

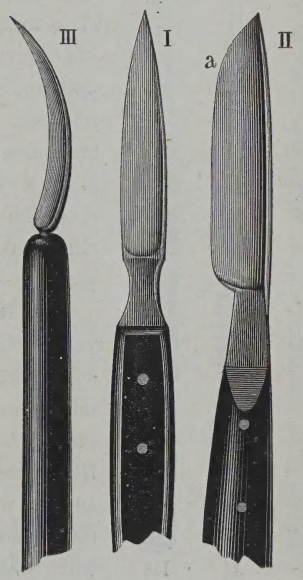
Das erste Mittel besteht darin, das auf dem eben beschriebenen Streichriemen vorbereitete Messer noch auf einem zweiten von so zu sagen feinerem Korn abzuziehen. Einen solchen stellt der unter dem Titel „Old english razor strop“ bekannte, käufliche Abziehriemen dar. Derselbe ist nicht spannbar; seine beiden Streichflächen — schwarz und bräunlichgelb — ruhen fest auf einer weichen Unterlage. Die feinste, gelbliche Seite muss bei guten Exemplaren ganz eben, glatt und glänzend sein; auf ihr lässt sich die Messerschneide weit vollkommener poliren als auf dem beschriebenen Goldschmidt'schen Streichriemen. Es genügt hier ein Dutzendmal des Hin- und Herziehens.

Betrachtet man nun die so vorgerichtete Schneide des Messers mit einer starken Lupe, so wird man bemerken, dass sie zwar eine ununterbrochene, glänzende Linie darstellt, allein ihr aufgelagert finden sich noch kleine, schwarze unregelmässige Partikelchen, die Rudera des abgeschliffenen Stückes der Schneide, der Grat. Dieser Grat ist gewöhnlich durch Abziehen auf dem Riemen nicht ganz zu entfernen, trotzdem ist er bei der Anfertigung mancher Schnitte sehr störend. Es giebt jedoch ein einfaches Mittel, sich desselben zu entledigen; es besteht darin, das Messer durch ein kleines Stückchen ganz weichen Hollundermarkes zu ziehen. Die Partikelchen des Grates bleiben an diesem hängen.

Für ganz zarte Schnitte pflege ich meine Messer vor dem Entfernen des Grates noch einer Procedur zu unterwerfen, dem Poliren der Schneide, um die letzte Spur der durch die verschiedenen Arten des Abziehens entstandenen Rillen zu entfernen. Dieses, Anfängern ge-

wöhnlich misslingende Poliren besteht in Folgendem. Käuflicher Wiener Kalk wird durch ein Stück Leinwand gebeutelt, von dem gebeutelten Staube ein wenig auf eine dicke, ganz glatte Glasplatte gebracht und mit Wasser angemengt. Mit Hilfe dieser Pasta wird die Messerklinge auf der Platte in kreisförmige Bewegungen gesetzt, dergestalt, dass dabei Schneide und Rücken immer flach aufliegen. Nachdem die erste Seite vollständig fertig ist, kommt die zweite an die Reihe. — Wenn ich mich recht entsinne, stammt dieses Verfahren des Polirens von Hugo von Mohl her.

Ist so das Rasirmesser nun einmal ganz tadellos geschärft, so muss man sich möglichst vorsehen, dasselbe nicht gleich wieder stumpf zu machen. So lege man es z. B. nur dann geöffnet auf den Tisch, wenn die Klinge mit dem Heft einen Winkel von etwa 270° bildet; in diesem Falle ist es geradezu unmöglich, dass die Schneide mit der Tischplatte in Berührung kommt, wodurch sie dem Verderben ausgesetzt wäre. Man lege den Streichriemen während des Schneidens nie bei Seite, sondern benutze ihn häufig, um das Messer durch mehrmaliges Herüberziehen immer gleich scharf zu erhalten. Ist man mit der Herstellung eines Präparates fertig, so entferne man sorgfältig die Flüssigkeit von dem Messer, die, um das Schneiden zu erleichtern, auf dasselbe gebracht wurde [s. u.]; nöthigenfalls erst mit Wasser, dann mit Alkohol und Aether.

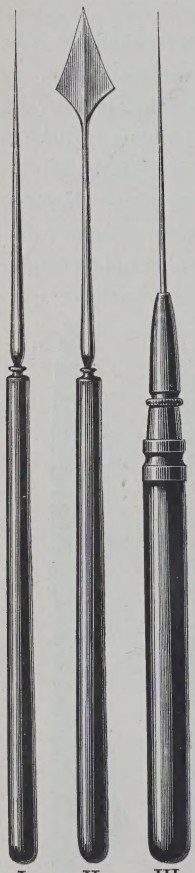


70.

B. Scalpelle. Von scalpellartigen Messerchen kann der Pflanzenanatom mit Vortheil die in Figur 70 in natürlicher Grösse abgebildeten Arten anwenden, welche übrigens nicht eigentlich zur Anfertigung der Schnitte selbst, sondern mehr zum Zurechtschneiden des Pflanzenorganes vor dem Präpariren mit dem Rasirmesser dienen.

Die erste und zweite Form sind Messerchen mit gerader Klinge; sie unterscheiden sich durch ihre Spitze. Bei I liegt die Spitze in der Mitte; dieses Messer dient dazu, um Stücke von Stengeln, Blättern, Wurzeln und anderen, mit den Händen fassbaren Pflanzentheilen zu gewinnen,

die dem Rasirmesser unterworfen werden können. Das Messer II hat eine seitlich gelegene Spitze, bei *a* bildet die Schneide einen Winkel und ist von hier ab sehr scharf. Es dient mit diesem Theile zur Zerkleinerung von Schnitten, welche auf dem Objectträger unter dem Präparirmikroskop zu bearbeiten sind. Die Form III, ein kleines Messerchen mit schmaler, gebogener Klinge, kann man zweckmässig dann anwenden, wenn es gilt, ein kleines, schwer erreichbares Gebilde von einem Organ abzupräpariren. So leistet es bei dem Auslösen sehr kleiner Blütenknospen, wie es bei blütenentwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen immer nothwendig ist, die trefflichsten Dienste.



I II III

71.

Die Hefte der Messer bestehen aus Ebenholz, sie sind flach und so lang, dass sie beim Gebrauch auf der Hand zwischen Zeigefinger und Daumen aufliegen, also mindestens 9, besser 11 cm lang.

Das Schärfen der Scalpelle geschieht ähnlich wie das der Rasirmesser. Ganz stumpfe bearbeitet man zuerst auf dem Oelstein, dann auf dem Thonstein mit Wasser. Man wechselt jedoch nicht, wie bei dem Rasirmesser, auf den Steinen mit rechter und linker Seite ab, sondern man schleift beide Seiten nach einander. Den Streichriemen benützt man, um ihnen die letzte Politur zu geben. Es ist zweckmässig, über die geschärften Spitzen der Messerchen eine kleine Kappe von Hollundermark zu spiessen, um sie vor jeglicher Beschädigung zu schützen.

C. Nadeln und Lanzetten. Nadeln von verschiedener Grösse und Stärke, immerhin jedoch so stark, dass sie nicht federn, unbeweglich in ein hölzernes Heft gefasst [Figur 71 I] oder in einer Messinghülse angebracht, deren Kappe, wie bei den Bleistiften abschraubbar ist [Figur 71 III], gehören zu den wichtigsten Requisiten des Mikroskopikers. Sie dienen dazu, um Schnitte von der Rasirmesserklinge abzuheben, um zusammengeklappte Schnitte auf dem Objectträger unter dem Simplex auszubreiten, um macerirte Pflanzentheile zu zerzupfen, um Luftblasen aus der Einschlussflüssigkeit zu entfernen etc. etc. Die Nadelspitzen müssen zu diesen Zwecken scharf und schlank sein.

Lanzetten finden in den Händen des Phytotomen weit weniger Verwendung als in der Thierhistologie. Eine Form derselben, die auch dem Pflanzenhistologen wesentliche Dienste leistet, ist die in Figur 71 II abgebildete Lanzettnadel. Zwar wird man sie nur in den seltensten Fällen zum Schneiden selbst verwenden können, aber zum Ausheben von Schnitten aus grösseren Flüssigkeitsmengen ist sie nahezu unentbehrlich. Oft wird man zu einem gleichen Zwecke wohl eine Pinzette oder einen Haarpinsel, respective eine gewöhnliche Nadel gebrauchen können, aber bei Anwendung der ersten wird der Schnitt leicht lädirt, bei Anwendung der letzten klappt er leicht zusammen. Die abgebildete Lanzettnadel hingegen gestattet, ihn unversehert aus dem Behälter mit Flüssigkeit herauszuheben, indem man sie mit der Rautenfläche unter den flottirenden Schnitt bringt und sie dann plötzlich nach oben bewegt. Dann legt sich der Schnitt auf sie und lässt sich sogleich herausheben, da er eine grössere Adhäsion zur Nadelfläche als zu der Flüssigkeit besitzt. Es ist der Gebrauch der Lanzettnadel zumal dann zu empfehlen, wenn man es mit Schnitten zu thun hat, die durch Anwendung von Reagentien leicht zerfallbar geworden sind.

Das Schärfen der Nadeln geschieht auf dem Stein, indem man das Heft derselben schnell um sich selbst dreht und dabei rasch über den mit Oel oder Wasser benetzten Stein hin- und herfährt.

D. Pinzetten und Scheeren. Die Pinzette wird vielfach verwandt. Sie besteht am zweckmässigsten aus Stahl und hat lang- und schmalauslaufende, auf dem Querschnitt halbrunde Schenkel, die entweder gerade oder leicht gekrümmt sind. Die Innenfläche derselben darf nicht feilenartig eingeschnitten sein. Auch Pincetten von Messing oder Neusilber sind verwendbar, aber sie sind weniger zu empfehlen als stählerne; freilich haben sie vor diesen den Vortheil, dass man ihre stumpf gewordenen Spitzen mit Hilfe der Feile leicht wieder in Stand setzen kann. Ganz unzweckmässig, ja für den Pflanzenanatom vollkommen unbrauchbar sind die Schieberpinzetten.

Auch die Scheere ist ein ziemlich untergeordnetes Instrument bei der mikroskopischen Präparation pflanzlicher Objecte. Eine kleine Scheere mit schmalen, geraden, und eine solche mit gebogenen Schnäbeln dürften aber hier und da Verwendung finden.

E. Sonstige Requisiten. Von anderen Instrumenten des Mikroskopikers, welche bei der Herstellung der Präparate häufig Anwendung finden, nennen wir noch die folgenden:

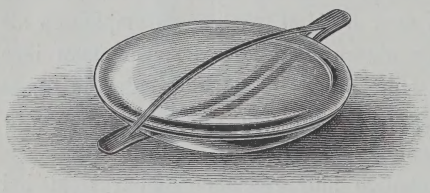
a. Haarpinsel. Kleine Tusch- oder Haarpinsel, welche in Federspulen gefasst sind und mit einem längeren hölzernen Griffe versehen werden, dienen dazu, um Schnitte von der Klinge des Rasirmessers zu heben, um überschüssige Flüssigkeit von dem Objectträger zu entfernen, oder — und zu diesem Zwecke müssen sie vollkommen trocken sein, — um Staubtheilchen von Objectträgern und Deckgläschen zu bürsten.

b. Glasstäbe. Man stellt sie aus längeren Glasstäben oder aus Glasröhren von etwa 4 mm Dicke dar, indem man die gewünschten Stücke durch Erweichen des Glases über der Flamme und schnellen Ausziehen von ihnen trennt. Die Enden werden sorgfältig halbkuglig abgeschmolzen. Sie mögen eine Länge von 14 bis 20 cm haben. Man wendet sie hauptsächlich dazu an, um Einschlussflüssigkeiten und Reagentien tropfenweis auf den Objectträger zu bringen.

c. Porcellanschälchen, kleine von 60 bis 70 mm Durchmesser und etwa 13 mm Höhe, mit flachem Boden, also feststehend, dienen dazu, um die gefertigten Schnitte vorläufig in grösseren Mengen von Wasser oder anderen Flüssigkeiten aufzunehmen, um aus ihnen durch Kochen die Luft zu vertreiben [s. u.], oder um sie in der Wärme mit Reagentien zu behandeln. Man habe etwa ein halbes Dutzend derselben vorräthig.

d. Kleine Porcellantiegel mit Deckel, von 50 mm Durchmesser und 35 mm Höhe dienen zur Maceration pflanzlicher Gewebe [cfr. pag. 136].

e. Ein Satz Uhrgläschen von verschiedener Grösse, z. B. von den Durchmessern 32, 40, 48, 64 und 80 mm können zu ähnlichen Zwecken verwandt werden wie die Porcellanschälchen, ferner zum Aufsuchen von Algen. — Eine sehr praktische Vorrichtung, um Schnitte in vieler Flüssigkeit längere Zeit vor Staub und Verdunstung geschützt zu verwahren, stellt der in Figur 72 abgebildete Apparat dar. Es sind zwei gleichgrosse Uhrgläschen mit abgeschliffenen Rändern; sie werden mit diesen aufeinander gelegt und mit einer Messingklammer von der abgebildeten Form umspannt. Das untere Uhrschälchen enthält die Flüssigkeit mit den Schnitten.



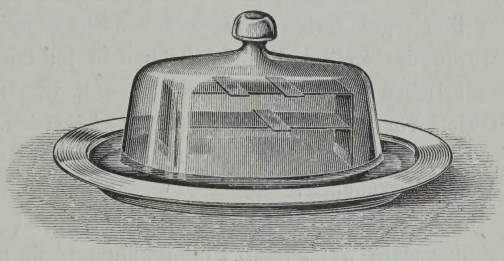
72.

f. Eine kleine Spritzflasche von der Form, wie sie in den

chemischen Laboratorien verwandt wird, mit destillirtem Wasser gefüllt findet die ausgedehnteste Anwendung.

g. Spirituslampe nebst Dreifuss, oder an Stelle der ersten noch besser ein Bunsenbrenner, der Dreifuss mit engmaschigem Messingdrahtnetz überspannt, zur Erwärmung von Schnitten in Porcellan- und Uhrschälchen, zur Maceration.

h. Glasglocken. Sie dienen dazu um den Staub von Präparaten u. s. w. abzuhalten; man hat zweckmässig mehrere Sorten derselben von 10 bis 30 cm Durchmesser. Sie mögen oben einen Knopf zur bequemen Handhabung besitzen. Entweder werden sie ohne weiteres über die auf dem Tische oder auf Papier liegenden Präparate gestülpt, oder die Präparate kommen, im Falle sie feucht erhalten werden sollen, auf ein Gestell von Zinkblech von der in Figur 73 abgebildeten Gestalt, welches auf einem mit Wasser gefüllten Teller steht, und über dieses wird eine passende Glasglocke, mit ihren Rändern in das Wasser tauchend, gestürzt.



73.

i. Ein kleiner Chlorcalciumexsiccator [Form der Laboratorien] kann bequem angewandt werden, um wasserhaltige Objecte, welche in Canadabalsam [s. u.] eingeschlossen werden sollen, schnell auszutrocknen.

Die vorstehend verzeichneten Instrumente umfassen etwa diejenigen, welche den Experimentirtisch des Präparators fast nie verlassen dürfen. Einige andere, nur bei besonderen Gelegenheiten verwandte Apparate, sowie die Vorrichtungen zur Herstellung und Aufbewahrung der Reagentien sollen an den betreffenden Orten besprochen werden.

4. Die Herstellung mikroskopischer Schnitte.

Die meisten Pflanzentheile eignen sich am besten zum Schneiden im frischen Zustande. Sie werden dann sofort, gleich nach dem Abpräpariren von der Pflanze unter Wasser getaucht. Auch das Schneiden

geschieht, indem man die Schnittfläche stets benetzt hält und die Klinge des Rasirmessers gleichfalls mit Wasser befeuchtet, mag man nun den Schnitt nach der einen oder der anderen unten beschriebenen Methode anfertigen. Es eignen sich zum Schneiden im frischen Zustande die meisten Objecte, welche zum Studium des Zellgerüstes oder der Zellwandstructur dienen, seien es Stengel-, Blatt- oder Blütentheile.

Bei einer anderen Gruppe von Gebilden treten dem Schneiden im frischen Zustande Hindernisse entgegen. Manche Organe sind zu zart, weich und elastisch, um dem schneidenden Messer Widerstand zu leisten, andere bestehen theilweise aus harten, theilweise aus weichen Componenten, so dass die ersten wohl geschnitten werden können, die letzten, in ihnen gelagerten, aber regelmässig zerreissen. Bei noch anderen würde der Zellinhalt beim Schneiden im frischen Zustande aus seiner natürlichen Lage gebracht werden u. s. w. In solchen Fällen muss das Object vor dem Schneiden erhärtet werden.

Die Erhärtung des zu schneidenden Materiales kann in folgenden Medien geschehen:

1. Alkohol[16]). Der Alkohol eignet sich im wasserfreien Zustande mehr wie andere Flüssigkeiten nicht nur zur Fixirung von Zellinhalt, sondern auch zur Erhärtung von Zellwänden. Das Verfahren der Alkoholerhärtung ist schon alt; in neuerer Zeit ist es jedoch hauptsächlich von Strasburger wieder angewandt worden, dem es die schönsten Resultate beim Studium über Zellkerne und Zelltheilung geliefert hat. — Man bringt die zu erhärtenden Pflanzentheile sogleich in absoluten Alkohol, in dem die Zellhäute sehr bald starr werden, das Protoplasma unter geringer Contraction fixirt wird. Je schneller die Fixirung vor sich geht, desto natürlicher pflegen die betreffenden Verhältnisse zu bleiben.

Manche zarte, z. B. meristematische Zellgewebe vertragen wegen der plötzlichen Wasserentziehung durch den Alkohol und die damit verbundene Schrumpfung der Membranen die Anwendung des absoluten Alkohols nur schlecht; sie müssen allmählich erhärtet werden, indem man sie zuerst eine Zeitlang in sehr verdünnten, dann in stärkeren, schliesslich in absoluten Alkohol bringt.

---

[16]) Nägeli u. Schwendener, Das Mikroskop pag. 476. — Sachs in Bot. Ztg. 1864. Nr. 11, 12. — Dippel, Das Mikroskop. Bd. I, pag. 282. — De Bary, Vergl. Anatomie, pag. 86. — Strasburger, Befruchtung u. Zelltheilung 1878, pag. 38. — Strasburger, Zellbildung u. Zelltheilung, 1880, pag. 9 u. a. — Poulsen, Botanisk Mikrokemi, pag. 19 f., deutsche Uebersetzung, pag. 23 f.

Wieder andere Objecte verhalten sich beim Schneiden am günstigsten, wenn sie vorher in einer Mischung, welche aus gleichen Theilen absolutem Alkohol und Glycerin besteht, längere Zeit liegen gelassen werden.

Wenn die auf diese Weise erhärteten Objecte mit dem Rasirmesser geschnitten werden sollen, so hat man dieses vorher mit Alkohol oder mit einem Gemisch von gleichen Theilen Alkohol und Glycerin zu befeuchten. Auch die Schnittfläche wird fortwährend mit dieser Flüssigkeit benetzt.

2. Ueberosmiumsäure[17]). Eine einprocentige Lösung dieser Säure fixirt das Protoplasma unter momentaner Erhärtung noch schneller als absoluter Alkohol; sie ist in neuerer Zeit von vielen Forschern zu diesem Zwecke angewendet worden. Manche Präparate, die bei der Erhärtung mit Alkohol zu undurchsichtig werden, behalten bei Zusatz einprocentiger Ueberosmiumsäure ihre volle Klarheit [Strasburger, l. c.].

3. Chromsäurelösung und Kaliumbichromat[18]), die erste einprocentig, die letzte in verschiedenen Verdünnungsgraden in Wasser aufgelöst, eignen sich zur Erhärtung mancher Präparate, welche Gummisorten und andere Kohlehydrate, Harze etc. enthalten. Die Harze würden durch den Alkohol zum grössten Theile gelöst werden, während manche Gummiarten bei der Erhärtung in Alkohol als weisser, undurchsichtiger Niederschlag ausgeschieden werden. — Zur Bereitung der Kaliumbichromatlösung kann man das käufliche Salz verwenden; man reinigt es vorher durch Umkrystallisiren.

Wir gehen nun dazu über, die verschiedenen Arten mikroskopischer Schnitte, sowie die Methoden ihrer Anfertigung zu besprechen.

1. Schnitte aus freier Hand.

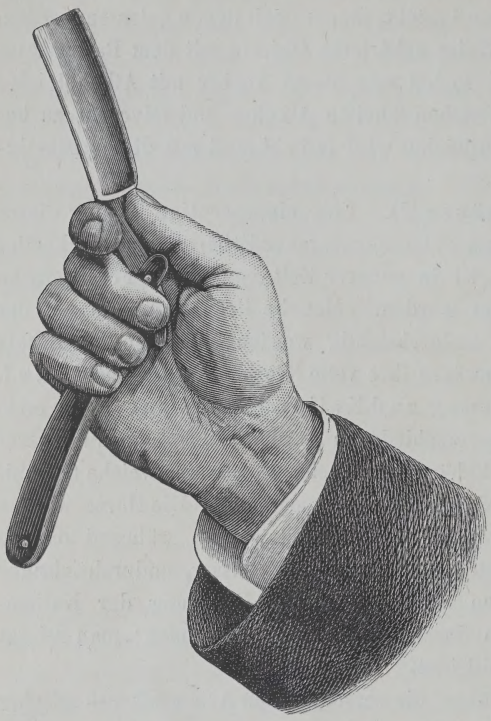
Man hält das Rasirmesser, mit dem geschnitten werden soll, stets in der rechten Hand, in der Weise wie es Figur 74 und 75 zeigen. Die Klinge bildet mit dem Hefte einen Winkel von 112 bis 130°. Die Hand umfasst Klinge und Heft zugleich, alle fünf Finger wirken bei dem

---

[17]) Frey, Das Mikroskop, pag. 103 f. — Strasburger, Zellbild. u. Zelltheil. 1880, pag. 39, 172 u. a. — Poulsen, Botanisk Mikrokemi, pag. 15 f., dtsch. Uebers. pag. 18 f.

[18]) Hanstein in Bot. Zeitg. 1868, pag. 697 ff. — Dalmer, Ueber die Leitung der Pollenschläuche pag. 18 [Jenaische Zeitschr. Bd. XIV. N. F. VII. 1880]. — Poulsen, l. c. pag. 14, 31, dtsch. Uebers. pag. 17, 37.

Umfassen mit. Der Daumen legt seine Spitze vorn in die Kehle der Klinge, das Ende des Heftes liegt in seinem ersten Gelenke. Der Zeigefinger umfasst die Basis der Klinge von oben und mit der vordersten umgeschlagenen Phalange von unten. Das Heft ruht im Metakarpialtheile der Hand und wird von der vordersten und zweiten Phalange des Mittel-, Gold- und kleinen Fingers umfasst. Der Balancirpunkt des Messers liegt nun innerhalb der umfassenden Hand. Alle Finger halten das Messer ohne Anwendung von Druck.

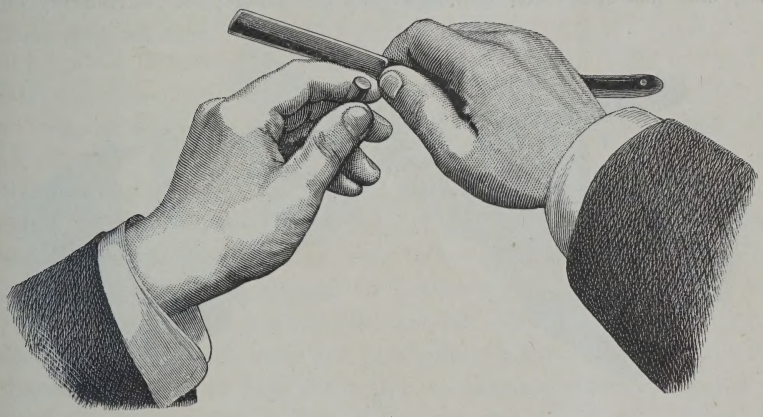


74.

Querschnitte. Nehmen wir nun an, wir hätten den Querschnitt durch irgend einen Pflanzenstengel zu verfertigen. Wir fassen das Object, dem vorher durch ein Scalpell eine vorläufige Schnittfläche gegeben wurde, mit dem Daumen und dem Zeigefinger der linken Hand, wie es Figur 75 zeigt, so dass besagte Schnittfläche nur ganz wenig hervorragt. Nun legen wir das Messer mit der Basis der Klinge flach auf den Rücken des Zeigefingers der linken Hand, so dass seine Schneide senkrecht zur Längsachse des Stengels gerichtet ist. Der Schnitt kann nun beginnen. Wenn man zu diesem Zwecke das Messer einfach wie einen Keil durch den Stengel hindurchdrückt, so wird man finden, dass man eine vollständig unbrauchbare, mehr gequetschte als geschnittene Querscheibe des Stengels erhält. Man muss vielmehr das Messer durch den Stengel hindurchziehen, d. h. man setzt es mit der Basis der Schneide in der Nähe der Kehle an und zieht es ganz allmählich bis zum oberen Ende an dem Objecte entlang, indem man es nach und nach in den Stengel eindringen lässt; auf diese Weise kommen alle Theile der Schneide mit

dem Schnitt in Berührung; der fertige Schnitt wird sich schliesslich am oberen Messerende, auf der feuchten Klinge liegend, befinden.

Er wird nun von dem Messer abgehoben. Dieses kann durch verschiedene Instrumente bewirkt werden, nämlich die Pinzette, den Pinsel, die Nadel oder die Lanzettnadel. Mit der Pinzette wird man nur robuste Schnitte abheben können, denen der beim Anfassen mit derselben unvermeidliche Druck nicht schadet, oder solche, bei denen nur einige Stellen der Untersuchung unterzogen werden sollen, und bei denen andere

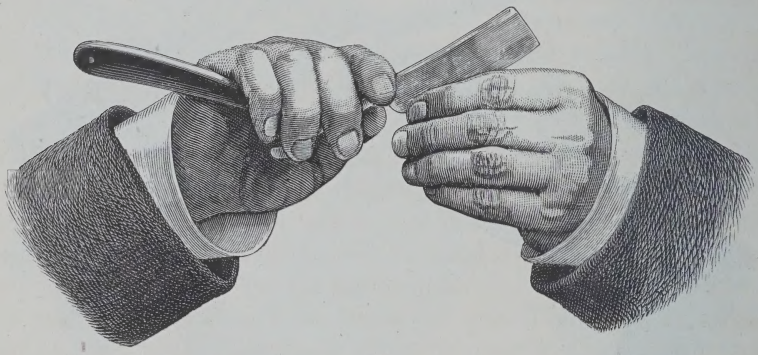


75.

durch die Pinzette mehr oder weniger zerstört werden können. Der Pinsel ist daher von vielen Seiten zum Abheben der Schnitte empfohlen worden; er ist in manchen Fällen entschieden auch recht anwendbar, in anderen jedoch nicht, da er weiten Zellen immerhin durch capillare Aufsaugung Zellinhalt zu entführen vermag. Die einfache Nadel vermeidet das letztere, wird aber der Schnitt mit ihr aufgehoben, so rollen sich wenigstens grössere Schnitte gern um dieselbe herum, verwirren sich in einander und sind dann häufig schlecht wieder in Ordnung zu bringen. Dieser Uebelstand wird durch Anwendung der Lanzettnadel [Figur 71 II] vermieden. Wenn man den auf der Messerklinge liegenden Schnitt mit einem grossen Flüssigkeitstropfen anfeuchtet, so beginnt er zu flottiren, und man kann nun mit Leichtigkeit die Lanzettnadel mit ihrer blattförmigen Erweiterung unter ihn schieben; bewegt man sie jetzt schnell nach aufwärts, so legt sich der Schnitt flach auf sie auf; er wird so unbeschädigt in ein Schälchen mit Wasser oder auf den Objectträger übergeführt.

Längsschnitte. Bei der Verfertigung von Längsschnitten wird man ein von dem soeben beschriebenen etwas abweichendes Verfahren anzuwenden haben. Je nach der Natur des zu schneidenden Materiales verfertigt man die Längsschnitte zwischen den Fingern oder über den Finger.

Der Längsschnitt zwischen den Fingern wird auf folgende Weise hergestellt. Man fasst einen kleinen, angefeuchteten Abschnitt des längs zu schneidenden Gegenstandes zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand [Figur 76], oder wenn derselbe zu voluminös ist, eine aus demselben herausgeschnittene Längsplatte. Nun ergreift



76.

man das Rasirmesser mit der rechten Hand nicht wie früher, sondern in der Weise wie es Figur 76 zeigt, d. h. so, dass die angefeuchtete Klinge eine vollkommen senkrechte Lage annimmt. Man setzt die Basis der Schneide an den zwischen den Fingern festgehaltenen Gegenstand, dergestalt, dass sie mit der Längsachse desselben etwa einen Winkel von 45° bildet; man zieht das Messer langsam und unter Anwendung ganz sanften Druckes von unten bis oben in derselben Richtung durch ihn, also auch zwischen Daumen und Zeigefinger, hindurch. So erhält man auf rechter und linker Seite des Messers, oder an Daumen und Zeigefinger haftend die längsgeschnittenen Hälften des Gegenstandes. Sind beide zur Beobachtung noch nicht zart genug, so wird an ihnen das Verfahren wiederholt. — Manche Leute können auf diese Weise auch sehr kleine kugelige Objecte in Längsschnitte auflösen.

Für den Längsschnitt über den Finger eignen sich nur solche Gegenstände, die in der Längsrichtung sehr entwickelt und dabei zähe sind, z. B. dünne Stengel, Wurzeln, Luftwurzeln. Man nimmt ein längeres, 4 bis 7 cm langes Stück derselben und bringt in seiner Mitte,

in einem Abstande von ca. 1 cm zwei Querschnitte an, welche aber nur bis zur Mitte ins Innere vordringen. An diesen beiden Stellen knickt man den Stengel etc. um, und legt ihn so über den Zeigefinger der linken Hand, dass das Stück zwischen besagten beiden Einschnitten quer über den Fingerrücken zu liegen kommt. Vermittels des Daumens und Mittelfingers werden die nach abwärts geneigten Enden an die Seiten des Zeigefingers gedrückt, so dass nun das ganze Gebilde festliegt. Man ergreift das Rasirmesser, wie es in Figur 74 und 75 abgebildet ist, stellt eine ebene Schnittfläche auf dem Zwischenstück innerhalb der beiden Einschnitte her und kann nun von demselben sehr zarte Lamellen gewinnen.

2. Schnitte zwischen Hollundermark und Kork.

Manche Pflanzentheile sind viel zu zart, andere zu klein um während des Schneidens mit den blossen Fingern gehalten zu werden. Zwar wird der geübte Mikroskopiker eine ganze Reihe von Objecten tadellos zwischen den Fingern schneiden können, die der Anfänger dabei regelmässig zerdrückt und die er erst allmählich sanft mit den Fingern anfassen lernt, allein es bleibt doch auch dem Geübtesten immer eine Reihe von Objecten übrig, die er beim Schneiden zweckentsprechend zwischen Hollundermark, seltener zwischen Kork einspannt. Hierher gehören, um ein Paar Objecte anzuführen, in deren Behandlung der Verfasser selbst einige Erfahrung gesammelt hat, Querschnitte durch zarte Griffel, Längsschnitte durch Narben, Nectarien, Wurzelspitzen und die jüngsten und jüngeren Stadien ganzer Blütenknospen. Diese werden zweckmässig in gewöhnliches Hollundermark eingespannt. Man verschafft sich dasselbe leicht, indem man an Büschen von *Sambucus nigra* stärkere, bereits abgestorbene und daher trockene Zweige aufsucht, die bisweilen in grossen Mengen anzutreffen sind. Aus diesen lässt sich das Mark leicht durch Abschälen von Rinde und Holz in Stangen von 5 bis 10 cm Länge und 8 bis 15 mm Durchmesser gewinnen. Da wo der Markcylinder an den Holztheil anstösst, finden sich in der Regel etwas härtere Partien; man kann dieselben gewünschten Falles durch Fortschneiden mit dem Rasirmesser entfernen.

Das Einspannen der Objecte in das Hollundermark geschieht auf folgende Weise. Man verfertigt durch eine Hollundermarkstange mit dem Rasirmesser eine ebene Schnittfläche und spaltet senkrecht zu dieser das Mark 4 bis 10 mm tief ein. Hat man nun beispielsweise einen cylin-

derförmigen Pflanzentheil quer zu schneiden, so treibt man in der Mitte des Spaltes eine starke Stahlnadel senkrecht in das Mark hinab; dadurch entsteht ein Hohlcylinder, der durch geeignetes Drehen der Nadel leicht bis zu dem gewünschten Lumen, entsprechend dem Durchmesser des zu schneidenden Objectes ausgeweitet werden kann. Das Hollundermark wird nun durch Eintauchen in Wasser etc. befeuchtet, und das Object, welches vorher in einem Schälchen mit Flüssigkeit getränkt war, in den Hohlcylinder soweit hineingeschoben bis es feststeckt. Da der Hohlraum entsprechend der conischen Nadelspitze unten stets etwas enger ist als oben, so läuft man nicht Gefahr, den oberen Theil des Objectes, durch welchen die Schnitte geführt werden sollen, zu quetschen oder gar zu verletzen. Man schneidet das hervorstehende Ende des Gegenstandes gerade über der Schnittfläche des Markes mit dem Rasirmesser ab, feuchtet nochmals Object und Rasirmesser an und beginnt die Querschnitte ganz in derselben Weise, wie es oben beschrieben wurde. Die gelungenen werden mitsammt dem umgebenden Hollundermark in ein Schälchen oder Uhrgläschen mit Wasser gebracht und später für die Beobachtung herausgefischt.

Ist ein Längsschnitt zu verfertigen, so wird anfänglich ebenso verfahren, dann aber schneidet man in der Richtung des Spaltes aus dem Hollundermark eine horizontale Höhlung hervor, welche annähernd die Gestalt des zu schneidenden Objectes besitzt. Zu diesem Zwecke kann man sich sehr gut des in Figur 70 I abgebildeten Messerchens bedienen. Das Object wird in die Hohlform hineingelegt und durch sanftes Zusammendrücken des Markes in derselben fixirt. Man kann den durch Zusammenpressen des Hollundermarkes auszuübenden Druck bei stärkeren Objecten steigern, wenn man an Stelle des senkrechten Spaltes geradezu einen bis zu 10 mm langen, ganz schmalen, kleinen Keil aus dem Marke herausschneidet.

Das Hollundermark ist dem Kork in fast allen Fällen vorzuziehen, sowohl wegen seiner Zartheit als auch wegen seiner gleichmässigen Beschaffenheit. Alle Korksorten, auch die besten, enthalten hier und da einmal dunkle, harte Concretionen in ihrem Innern, durch welche das Rasirmesser, wenn es beim Schneiden auf sie stösst, schartig wird; ausserdem besitzt der Kork eine eigenthümliche, wenn auch geringe Zähigkeit, die bei seiner Handhabung dem Anfänger immer einige Schwierigkeit bereiten dürfte.

Man kann jedoch den Kork mit Vortheil für die Darstellung gewisser Längsschnitte, z. B. von Wurzelspitzen verwenden, die in Folgendem besteht und die, wenn wir nicht irren, zuerst irgendwo von

Nägeli angegeben wurde. — Man verfertigt aus einem grösseren Korkstöpsel eine Platte von etwa 10 mm Dicke, und klebt auf ihrem oberen, schmalen Rande die zu schneidende Wurzelspitze quer fest, und zwar m Hilfe von ganz dickflüssigem Gummi arabicum, welches schnell trocknet. Nun biegt man den nicht festgeklebten Theil der Wurzel abwärts und drückt ihn mit dem Daumen gegen die Platte, die man zu gleicher Zeit auf der anderen Seite mit dem Zeigefinger fasst; es lässt sich dann der aufgeklebte Theil bequem in sehr feine Längsschnitte auflösen, und zwar in der oben angegebenen Weise. —

Wir haben im vorigen nur die hauptsächlichsten Methoden anführen können, welche beim Verfertigen von mikroskopischen Schnitten anzuwenden sind. Damit ist jedoch im ganzen wenig gesagt. An den präparirenden Mikroskopiker wird immer die Aufgabe herantreten, durch eigene Ueberlegungen die für seinen augenblicklichen Zweck passendste Methode herauszufinden, oder die ihm bekannten so zu modificiren, dass sie für seinen Zweck passend werden. Dieses in einem Buche für jeden einzelnen Fall durch Worte auseinander zu setzen, ist ebenso unmöglich, als wenn man es beschreiben wollte, auf welche Weise der Maler in jedem einzelnen Falle die Farben mischen muss.

3. Schnitte in Einbettungsmitteln.

Eine Anzahl von zu schneidenden Objecten sind so klein, dass sie kaum oder nicht mit blossem Auge gesehen werden können. Diese werden vor dem Schneiden in grösseren Quantitäten in erhärtende Medien eingeschlossen dann durch letztere auf's Gerathewohl Schnitte verfertigt, welche zugleich die kleinen Körperchen in feine Lamellen zerlegen. Botanische Objecte, welche zweckmässig auf diese Weise behandelt werden können, sind beispielsweise Stärkekörner, Pollenkörner, Sporen, zarte Blätter von Laub- und Lebermoosen. Die Herstellung von Schnitten in Einbettungsmitteln geschieht auf folgende Weise. Es wird zu dickflüssigem Gummi arabicum etwas concentrirtes Glycerin gesetzt, ein grosser Tropfen davon in ein kleines Uhrgläschen gebracht und hier mit vielen Stärkekörnern etc. vermittels eines Glasstäbchens zu einem zähen Brei verknetet. Von diesem trägt man in mehreren Lagen eine genügende Menge auf die Spitze eines ganz kleinen Korkstöpselchens auf und lässt ihn erhärten. Ist die Masse ganz hart geworden, so werden die Schnitte ausgeführt; man bringt sie sogleich in Wasser,

durch welches das Gummi binnen wenigen Minuten gelöst wird und nun die durchschnittenen Körnchen etc. frei umherschwimmen [19]).

Von mehreren Seiten ist in neuerer Zeit auch die Glyceringelatine [s. u.] als Einbettungsmittel empfohlen worden. Nach einschlägigen Versuchen meinerseits glaube ich, dass sich dieselbe auch für manche botanische Zwecke wirklich empfehlen lässt, obgleich um ein definitives Urtheil abzugeben diese Versuche in der Folge noch viel weiter auszudehnen sind. Bei blütenentwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen dürfte jedoch die Glyceringelatine in der Folge eine ausgedehnte Verwendung als Einbettungsmittel finden. Hier ist es nämlich häufig sehr wünschenswerth, dass die Blütentheile, wenn z. B. ein Querschnitt durch eine jugendliche Knospe zu verfertigen ist, ihre gegenseitige Lage bewahren bis sie unter das Mikroskop gebracht sind. Das ist schwer möglich, wenn man das Material in Wasser oder in Alkohol schneidet. Es gelingt aber nicht selten, wenn man das Object vor dem Schneiden mit der Gelatine imprägnirt. Es wird vor der Präparation in die Gelatine gebracht und diese durch Entfernen der Luft auf eine der unten zu beschreibenden Weisen zum Eintritt in die Zwischenräume der Blütenteile gezwungen. Das Verfahren ist jedoch etwas umständlich.

Koch hat ein Verfahren angegeben [20]), kleine und zarte Pflanzentheile in ein Gemisch von Talg und Paraffin eingebettet, in Schnitte zu zerlegen, ein Verfahren, welches übrigens in der Zoologie schon lange und vielfach in Gebrauch ist. Er sagt darüber folgendes:

„Die Mischung von gleichen Theilen Paraffin und Talg hat einen so niedrigen Schmelzpunkt und erstarrt dabei so rasch, dass die eingelegten feuchten Pflanzentheile kaum nennenswerthe Mengen von Wasser verlieren und damit nicht schrumpfen.

Vor dem Einlegen wird der betreffende Pflanzentheil eine Minute oder selbst noch kürzere Zeit in Alkohol gebracht, herausgenommen und der Alkohol abdunsten gelassen. Es hat das nur den Zweck, das etwa äusserlich anhaftende Wasser wegzunehmen und die Schmelzmasse fest anhaften zu machen. Versäumt man es, so entstehen leicht Blasen und Hohlräume, und das Schneiden geht schlecht von statten. Alsdann legt man das getrocknete Pflanzenstück in die am besten auf einen Objectträger gebrachte Schmelzmasse, welche letztere bereits nach einigen Minuten fest genug ist, um sich auf's beste schneiden zu lassen.

---

[19]) Hartig, Entwicklungsgesch. des Pflanzenkeims, pag. 87.

[20]) Koch, Untersuchungen über die Entwicklung der Cuscuteen, 1874. [Botanische Abhandl. herausgeg. v. Hanstein, Bd. II, Heft 3], pag. 24 f.

Die Schnitte bringt man zur Entfernung des anhaftenden Fettes in Benzol und dann in Alkohol. Schliesslich kann man sie wie frische Schnitte mit Reagentien weiter behandeln.

Ein wesentliches Erfordernis zum Gelingen der Methode ist, die Schmelzmasse bezüglich ihrer Härte dem zu schneidenden Präparate möglichst anzupassen, indem man das Verhältnis von Talg zu Paraffin, je nach der Weichheit des Pflanzentheiles, ändert. Während gleiche Theile der beiden Substanzen schon mehr für härtere Pflanzentheile sich eignen, ist bei weicheren Theilen eine Mischung von 1 Paraffin und 2 Talg angezeigt, ja man kann in diesem Verhältnis noch weiter gehen.

Uebrigens lassen sich ähnliche Resultate auch dadurch erzielen, dass man bei zarten Objecten die Schmelzmasse nicht ganz erkalten lässt und etwas früher schneidet. Endlich sind frische und nicht solche Pflanzen zu verwenden, die schon tagelang in Alkohol aufbewahrt wurden. Letztere lassen sich meist nur schlecht auf diese Weise schneiden."

5. Weitere Behandlung der Schnitte.

Angenommen, wir hätten eine Reihe gelungener Schnitte verfertigt und dieselben zunächst in ein mit Wasser gefülltes Porcellanschälchen gebracht. Wir wollen nun beschreiben, wie wir die Schnitte des Weitern zu behandeln haben, ehe wir sie der Beobachtung unter dem Mikroskop unterwerfen können.

A. Entfernung der Luft. Man wird an vielen Schnitten die Beobachtung machen können, dass ihr Zellgewebe theilweise mit winzigen Luftbläschen angefüllt ist. Mit Luft erfüllte Zellen zeigen unter dem Mikroskop an der Innenwand eine dicke, schwarze Contour und lassen die natürlichen Structurverhältnisse der Wand schlecht oder gar nicht erkennen. Es ist daher vor allem nothwendig diese kleinen Luftbläschen aus dem Zellgewebe zu entfernen. Es kann auf folgende Weisen bewerkstelligt werden, und zwar bald am besten auf die eine, bald am besten auf die andere Weise:

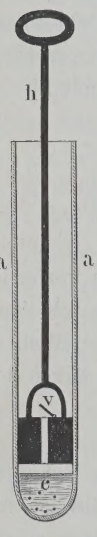
a) Man kocht in einem Porcellanschälchen destillirtes Wasser auf, lässt es wieder erkalten und bringt die Schnitte in dieses hinein. Die Luft wird bald von dem gasfreien Wasser absorbirt und verschwindet nach einiger Zeit vollständig. Es ist dieses ein in den meisten Fällen

untrügliches Mittel, nur muss man frisch ausgekochtes Wasser anwenden.

b) Energischer wird die Luft entzogen, wenn man die Schnitte in einem mit destillirtem Wasser gefüllten Schälchen bis zur Siedhitze erwärmt und erkalten lässt; zarte Präparate und solche, an denen der Zellinhalt studirt werden soll, vertragen jedoch das Erwärmen nicht.

c) Bisweilen verschwindet auch die Luft, wenn man die Schnitte aus Wasser eine Zeitlang in absoluten Alkohol und darauf wieder in destillirtes Wasser bringt. Dieses Verfahren ist zuerst von Schacht angegeben worden.

d) Man entfernt die Luft vermittels einer Luftpumpe. Zu diesem Behufe hat man viele, zum Theil sehr kostspielige Vorrichtungen vorgeschlagen. Da jedoch nach unserer Meinung der beste Experimentator der ist, welcher mit möglichst einfachen Apparaten zu arbeiten versteht, so wollen wir hier nur eine ganz einfache, aber brauchbare Vorrichtung beschreiben, die man sich leicht selbst verfertigen kann, und die die soeben genannten Apparate ziemlich überflüssig macht [Figur 77]. Ein dickwandiges Glasrohr [*a a*] von ca. 22 mm Lumen und 15 bis 18 cm Länge wird an einem Ende zugeschmolzen. In dasselbe wird vermittels Umwickeln von Werg oder dergl. ein kleiner Kolben von starkem Zinkblech eingepasst, der in der Mitte eine der Länge nach durchgehende, enge Oeffnung besitzt, an deren oberem Ende sich das luftdicht schliessende Klappenventil *v* befindet. Der Kolben trägt eine Handhabe von der Form *h* [Figur 77]. In den Glascylinder bringt man ein wenig ausgekochtes Wasser mit den lufthaltigen Schnitten [*c*], stösst den Kolben bis auf das Niveau des Wassers nieder und zieht ihn dann wieder empor. Hierbei schliesst sich das Ventil, der unter ihm befindliche Raum wird nahezu luftleer und in diesen strömt die Luft der Schnitte in Gestalt ganz kleiner Bläschen. Man giesst dann den Inhalt in ein Schälchen aus und kann nun die Schnitte mit der Lanzettnadel auf den Objectträger [cfr. pag. 174 ff.] bringen.



77.

B. Behandlung der Schnitte unter dem Simplex. Sind die Schnitte auf eine der beschriebenen Methoden sorgfältig von adhärirender Luft befreit worden, so bringt man sie in einen Tropfen Flüssigkeit — Wasser, Glycerin etc., je nach Umständen — welcher

sich auf einem Objectträger [s. u.] befindet. Hierbei wird es häufig nicht zu vermeiden sein, dass sich ihre Ränder umschlagen, theilweis über einander gerathen, sich decken und gegenseitig verdecken. Das Zurechtlegen derselben geschieht unter dem Präparirmikroskope [Simplex], das wir bereits früher [pag. 76 ff.] beschrieben haben. Dieses Ordnen der Schnitte ist gewöhnlich nicht mit Schwierigkeit verknüpft, kann leicht erlernt werden und dürfte höchstens bei den allerersten Versuchen misslingen. Man klemmt den Objectträger mit den Schnitten auf dem Tische des Präparirmikroskopes fest und beleuchtet ihn mit dem Spiegel. Betrachtet man dann die Schnitte durch ein schwach vergrösserndes Triplet, so bemerkt man bald diejenigen, welche nicht die gewünschte Lage einnehmen oder zusammengeklappt sind. Im letzteren Falle überzeugt man sich durch Veränderung der Einstellung, ob der übergeschlagene Rand der Oberseite oder der Unterseite des Schnittes aufliegt. Man ergreift nun mit jeder Hand eine Nadel [Figur 71], drückt mit der der linken Hand sanft auf den Schnitt, um ihn festzuhalten und sucht mit der anderen unter die umgeklappte Partie zu gelangen, um sie einfach umzuwenden. Gewöhnlich gelingt dieses sofort.

Oft ereignet es sich, dass man nur einen gewissen Theil eines Schnittes der Beobachtung unterwerfen will und dass dieser gewünschte Theil gerade durch die umgebenden Partien verdeckt wird. Die letzteren müssen alsdann abpräparirt werden. Es geschieht ebenfalls unter dem Simplex mit Hilfe von Lanzettnadeln, kleinen Scalpellen, selbst einer kleinen Scheere u. dergl. Auch hierbei wird der Schnitt durch Niederdrücken mit einer in der linken Hand gehaltenen Nadel fixirt. Alle abgerissenen oder abgeschnittenen Theile werden von dem Objectträger entfernt.

Hat man nun die Schnitte zu seiner Zufriedenheit zurecht gelegt, so müssen sie mit einem Deckgläschen bedeckt werden. Wie dieses zu geschehen hat, soll in einem späteren Capitel ausführlich beschrieben werden. Die Schnitte können darauf mit dem zusammengesetzten Mikroskope studirt werden; ist es jedoch nicht möglich, sofort zu ihrer Beobachtung überzugehen, so bewahrt man sie so lange unter dem in Figur 73 abgebildeten und auf pag. 147 beschriebenen Apparate auf.

C. Das Aufhellen der Präparate. Manche Schnitte sind, mögen sie auch noch so sorgfältig und mit noch so viel Geschick hergestellt sein, für gewisse Untersuchungen zu undurchsichtig. Man muss dieselben dann einer Behandlung unterwerfen, wodurch sie den ge-

wünschten Grad der Durchsichtigkeit erlangen. Dieses nennt man das Aufhellen der Präparate. Das Verfahren wird gewöhnlich bei solchen Schnitten angewandt, welche vielen, undurchsichtigen Inhalt besitzen; es besteht darin, dass dieser Inhalt durch Einwirkung gewisser Stoffe gelöst wird. Da die meisten Aufhellungsmittel starke Säuren oder Alkalien sind, so folgt schon hieraus, dass verhältnismässig nur wenige Gruppen von Objecten die Procedur vertragen, und von diesen auch nur solche, welche auf die gröberen histologischen Verhältnisse ihres Gewebes untersucht werden sollen. Unanwendbar möchten wir die Methode des Aufhellens bei allen solchen Objecten bezeichnen, welche auf irgend welchen Inhalt in Zellen oder auf feinere Zellwandstructuren zu untersuchen sind.

Es giebt einige Stoffe, welche ganz allmähliche Aufhellung von Geweben hervorbringen. Als solcher Stoff ist das Glycerin bekannt, und ich kann nach eigenen Erfahrungen hier noch die Carbolsäure und das Creosot hinzufügen. Schnitte, welche längere Zeit in Glycerin gelegen haben, werden allmählich immer durchsichtiger. Zarte Schnitte von Narbengeweben und Wurzelspitzen, die sich etwa vier Wochen lang in Carbolsäure befunden hatten, waren so durchsichtig geworden, dass man sie unter dem Mikroskope nur sehr schwierig wahrnehmen konnte.

Häufiger als die soeben angeführten Mittel wird man solche anwenden, welche eine sofortige Aufhellung der Schnitte zu Wege bringen. Es ist eine bekannte Thatsache, dass Kaliumhydroxyd in verdünnter wässeriger Lösung das Protoplasma löst oder es doch wenigstens in eine homogene, durchsichtige Masse verwandelt[21]). Hieraus leuchtet ein, dass man dasselbe als Aufhellungsmittel verwenden kann, um so mehr, als es auch auf die Zellwände einen erhellenden Einfluss ausübt.

In ausgedehnterem Maasse wurde das Kaliumhydroxyd zuerst von Hanstein[22]) als Aufhellungsmittel angewandt und zwar bei der Untersuchung meristematischer Gewebe des Vegetationspunktes und der Entwicklung des Keimes.

Zarte Schnitte braucht man nur wenige Augenblicke in die verdünnte Alkalilösung zu tauchen, auszuwaschen und in Glycerin zu

---

[21]) Sachs, Lehrb. III. Aufl. pag. 42.

[22]) Hanstein, Die Scheitelzellgruppe im Vegetationspunkt der Phanerogamen [Festschrift d. Niederrh. Ges. f. Natur- u. Heilk. z. Jubiläum der Univ. Bonn 1868]. — Hanstein, Die Entwicklung des Keimes der Monokotylen und Dikotylen [Bot. Abh. herausgeg. v. Hanstein, Bd. I. Heft 1, 1870].

bringen, wo sie vollkommen durchsichtig werden, jedoch soll das Glycerin nicht concentrirt sein, sondern mit Wasser oder Alkohol verdünnt angewendet werden [23]). — Dickere Schnitte „bedürfen längerer Behandlung mit Kalilösung und nachherigen Auswaschens in Chlorwasserstoff- oder Essigsäure und Ammoniak. Es kommt dabei leicht vor, dass das Präparat zu durchsichtig wird, so dass die Zellwände nicht mehr erkennbar bleiben. Durch verdünnte Alaunlösung werden dieselben dann wieder deutlich und man erhält auf diese Weise die besten Präparate.“ [Hanstein.]

Die Manipulation bei dieser Hanstein'schen Aufhellungsmethode, welche sich wegen ihrer Zweckmässigkeit allgemein empfehlen dürfte, ist die folgende: Die aufzuhellenden Schnitte werden zuerst in einem Porcellanschälchen oder auf dem Objectträger mit verdünntem Kaliumhydroxyd [s. vierter Abschnitt] wenige Secunden bis einige Minuten behandelt, und sodann mit destillirtem Wasser sorgfältig abgewaschen. Man neutralisirt hierauf mit Salzsäure oder mit Essigsäure [bald empfiehlt sich die erste, bald die letzte], wäscht dann wieder mit destillirtem Wasser aus und legt den Schnitt kurze Zeit in schwache Ammoniakflüssigkeit.

Wenn ein aufzuhellendes Gewebe neben protoplasmatischen Stoffen auch viele Harz- und Fettmassen enthält, so kann man mit Erfolg eine Methode des Durchsichtbarmachens anwenden, welche von Pfeffer [24]) angegeben wurde. Man legt das Präparat kürzere Zeit in mässig concentrirtes Kaliumhydroxyd, wäscht dieses nur unvollständig aus und setzt wiederholt absoluten Alkohol zu. In ihm lösen sich erhebliche Mengen der Fette, die Harze wie auch die durch die Einwirkung des Alkali entstandenen Producte. Die oft stark collabirten Gewebe quellen auf Wasserzusatz wieder völlig auf, namentlich dann, wenn das Kaliumhydroxyd zuvor nicht völlig durch Wasser ausgewaschen war, da das in jenem immer vorhandene und in Alkohol unlösliche Kaliumcarbonat in den Zellen niedergeschlagen wurde. Bringt man nun das Object in nur sehr wenig Salzsäure haltendes Wasser, so erzielt man, wenn die Wirkung des Alkali richtig regulirt war, Präparate, welche auch nicht das Geringste zu wünschen übrig lassen.

Kürzlich hat Russow [25]) den sogenannten Kali-Alkohol als Auf-

---

[23]) Hanstein, Entw. d. Keimes, pag. 5.

[24]) Pfeffer, Die Entwicklung des Keimes der Gattung Selaginella [Botan. Abh. herausgeg. v. Hanstein, Bd. I, Heft 4, pag. 35].

[25]) Mémoires de l'Académie de St. Pétersbourg VII^e sér. t. XIX. Nr. 1, pag. 15.

klärungsmittel empfohlen. Dieser entsteht durch Vermischen von Alc. rectificatiss. mit concentrirter Kaliumhydroxydlösung, von der man soviel zusetzt bis ein geringer Niederschlag entsteht. Man schüttelt häufig um und lässt 24 Stunden lang stehen. Die entstandene, schwach gelbe, klare Flüssigkeit wird dann von dem Bodensatz abgegossen und muss zum Gebrauch mit destillirtem Wasser verdünnt werden [2 : 1]. Man wendet den Kalialkohol wie die Kaliumhydroxydlösung bei dem von Hanstein angegebenen Aufhellungsverfahren an; er ist der wässerigen Alkalilösung vorzuziehen, weil die Zellwände in ihm nicht so stark aufquellen als in dieser.

6. Herstellung mikroskopischer Präparate von fossilen Pflanzen[26]).

Die Erhaltungsart fossiler Pflanzen ist eine sehr verschiedene und daher wechseln auch die Methoden, welche man zu ihrer mikroskopischen Untersuchung in Anwendung bringt. Zuweilen finden sie sich in einem solchen Zustande vor, dass sie keiner anderen Präparation bedürfen, als die verwandten der Jetztwelt. Entweder lassen sie sich ohne weiteres als mikroskopisches Object verwenden, oder sie werden durch Maceration und Einäscherung dazu vorbereitet oder aber sie eignen sich zur Herstellung von Dünnschnitten. Da an anderer Stelle [cfr. pag. 136 ff.] bereits dieser Manipulationen ausführlich Erwähnung gethan wurde, so können wir uns hier darauf beschränken, dieselben durch einige Beispiele aus der fossilen Flora zu erläutern.

Zur ersten Kategorie gehören u. a. die Diatomaceen, welche in manchen Perioden der Erdentwicklung so massenhaft an Individuen-, weniger an Artenzahl vorhanden waren, dass sie gradezu gesteinsbildend auftreten. Alle jene Fossilien, welche als Polirschiefer, Tripel, Bergmehl, Kieselguhr u. a. m. bezeichnet werden, bestehen zum überwiegend grössten Theile aus den Kieselpanzern von Bacillarien. Daher genügt es mittels Nadel oder Lanzette ein Pröbchen davon zu entnehmen, auf dem Objectträger mit Wasser anzufeuchten und ein Deckglas darüber

---

[26]) Da ich selbst keine Erfahrung in der Herstellung der Präparate fossiler Pflanzen habe, war mein lieber Freund, Director Dr. Hugo Conwentz in Danzig so freundlich, die Bearbeitung dieses Abschnittes [pag. 162 bis 173] zu übernehmen.

zu decken, um ein zur mikroskopischen Betrachtung geeignetes Präparat zu erhalten.

Ein Beispiel für das Macerationsverfahren liefert die Braun- und Steinkohle. Göppert hat bereits im Jahre 1836 eine Methode angewandt[27]), durch welche man auch in den dichtesten Varietäten der Kohle vegetabilische Ueberreste nachweisen kann. Er behandelt die Steinkohle zunächst mit Salpetersäure, um zu verhindern, dass die Kalisalze in der Hitze mit der Kieselerde zusammenschmelzen, darauf verbrennt er jene und behandelt nochmals die Asche mit Säure. Wenn man den Rückstand mikroskopisch prüft, so findet man darin mehr oder weniger verkieselte Epidermiszellen, Tracheïden mit einfachen und Hoftüpfeln, Treppengefässe u. a. entweder vollständig oder stückweise erhalten. So ist es Göppert geglückt, in den compactesten Kohlensorten, selbst in dem Anthracit aus der devonischen Grauwacke von Leibschütz in Oberschlesien Pflanzenzellen nachzuweisen, was natürlich bei der directen Untersuchung der bezüglichen Handstücke nicht gelingen würde. Sehr häufig finden sich unter den organischen Resten Tracheïden mit alternirender Tüpfelstellung vor, worauf Göppert schon 1838 aufmerksam gemacht hat. Dieselben gehören einem Nadelholze an, *Araucarites carbonarius G.*, welches an der Kohlenbildung wesentlichen Antheil genommen und fast ausschliesslich das Material für die Faserkohle der Mineralogen [mineralogische Holzkohle Werner] geliefert hat. An der Oberfläche dieser Kohlenlagen lassen sich die beregten Holzzellen schon durch den feingestreiften sammetartigen Glanz erkennen, während sie im Innern von dem festen Gefüge der Steinkohle nicht unterscheidbar sind. In neuerer Zeit will Graf Fr. Castracane[28]), bei Anwendung einer ähnlichen Methode wie Göppert, auch Diatomaceen in Liverpooler Kohle aufgefunden haben. Er pulvrisirte dieselbe, setzte sie im Sauerstoffstrome der Glühhitze aus und macerirte das so entkohlte Pulver in der schon oben[29]) besprochenen Schultze'schen Weise. Man kann dieselbe auch ohne weiteres bei manchen Braun- und Steinkohlensorten mit Vortheil anwenden. Eine Probe davon wird zerkleinert, in einem Gemisch von Kaliumchlorat und Salpetersäure gekocht und dann noch mit Wasser und verdünntem wässerigen Aetzammoniak, zuletzt mit Weingeist so lange behandelt, als lösliche Stoffe daraus ex-

---

[27]) Göppert, Die fossilen Farnkräuter. Breslau und Bonn 1836, pag. XVIII.

[28]) Pringsheim's Jahrbücher für wissensch. Botanik. Bd. X. pag. 1 ff.

[29]) Cf. III. Abschnitt, 2. Capitel B, pag. 137.

trahirt werden[30]). Wenn man den Rückstand mikroskopisch prüft, kann man oft einzelne organische Theile erkennen; so findet man in den Steinkohlenpräparaten zuweilen Farnsporen, Sporangienreste u. a.

Viele der im Alluvium, Diluvium und in tertiären Schichten eingelagerten bituminösen Hölzer sind so consistent und wohlerhalten, dass man davon, in der nämlichen Weise wie von recenten, Längs- und Querschnitte gewinnen kann. Bei anderen hingegen empfiehlt es sich, die Schnittfläche nicht mit Wasser, sondern mit verdünnter Kalilösung anzufeuchten, um ein Auseinanderfallen der Schnitte zu verhindern. In derselben Art gelingt es auch häufig von grösseren, blosgelegten Holzeinschlüssen des Bernsteins taugliche Schnitte zu erhalten. Falls aber die Festigkeit des Holzstückes von vornherein gelockert ist, bettet man dasselbe während eines halben Tages oder längerer Zeit in dickflüssige Gummilösung ein und kann dann demselben brauchbare Schnitte entnehmen. In den meisten Fällen wird man ausserdem gut thun, die gewonnenen Schnitte durch Behandlung mit Alkohol aufzuhellen.

Gegenüber den oben angeführten Fossilien erfordert die grosse Mehrzahl derselben eine anderweitige Behandlungsweise, nämlich das An- bezw. Dünnschleifen. Hierher gehört einerseits die Reihe von fossilen Harzen, besonders Bernstein, und anderseits die durch verschiedene Medien versteinten Hölzer. Wenn man z. B. die in einem Bernsteinstücke enthaltenen Blüten oder Blütentheile bei schwacher Vergrösserung betrachten will, so genügt es meistens, dasselbe nur an einer Fläche anzuschleifen. Kommt es aber darauf an, gewisse Einschlüsse etwa Pilzbildungen, Pollen oder Holzreste stärker zu vergrössern, so ist die Herstellung eines Dünnschliffes unerlässlich. Versteinte Hölzer schleift man in solchen Fällen nur an, wenn sie im auffallenden Lichte betrachtet werden müssen, d. h. wenn sie durch ein Material versteint sind, das auch in sehr dünnen Platten eine geringe Pellucidität besitzt. Beispielsweise Hölzer, welche in Markasit, Kupferkies o. ä. umgewandelt sind, können nicht bei durchfallendem Licht, sondern nur bei Beleuchtung von oben untersucht werden.

Das Gros der versteinten Hölzer — und deren giebt es in den verschiedenen Schichten vom Devon bis zum Oligocän eine recht erhebliche Anzahl — erfordert eine derartige Präparation, welche die mikroskopische Prüfung bei durchfallendem Lichte ermöglicht. Bei manchen Hölzern, namentlich Coniferen, gelingt es durch einen geschickt ausgeführten Schlag, vornehmlich in radialer Richtung, dünne Splitter abzu-

---

[30]) Verhandl. der Berliner Akademie der Wissenschaften 1855.

sprengen, welche ohne weiteres für den gedachten Zweck verwendet werden können. Um ihre Durchsichtigkeit zu erhöhen, bringt man sie auf einem Objectträger in Wasser oder Canadabalsam und bedeckt sie mit einem Deckgläschen.

In tangentialer Richtung gelingt es schwerer eine taugliche Spaltungslamelle zu erhalten, und in horizontaler ist dies meistens gradezu unmöglich. Da nun zur Bestimmung des Formenkreises, welchem das zu untersuchende Holz angehört, die Kenntnis der drei genannten Ansichten erforderlich ist, so können Dünnschliffe nicht gut entbehrt werden. In vielen Fällen aber, wo es sich um eine blosse Voruntersuchung handelt, etwa um nachzusehen, ob das beregte Exemplar einem Nadel- oder Laubbaume angehört, erreicht man durch die Prüfung der Splitter vollständig seinen Zweck. Die Herstellung von Dünnschliffen überhaupt [31]) ist zuerst von W. Nicol an fossilen Hölzern ausgeübt und dann durch Witham in den „Observations of fossil vegetables, London 1831“ mitgetheilt worden. Unabhängig von diesen erfanden in Deutschland Göppert und Unger selbständig eine ähnliche Methode, durch welche es ihnen gelang, kleine Splitter dünn zu schleifen, während man bis dahin die versteinten Hölzer nur an einer Fläche angeschliffen und bei auffallendem Lichte betrachtet hatte. Diese Methode ist dann von den genannten Autoren selbst, sowie auch von Anderen vielfach modificirt worden und heutzutage giebt es kaum zwei Forscher, die bei der Anfertigung von Dünnschliffen in allen Punkten übereinstimmend vorgehen.

Beiläufig bemerkt, hat man erst später versucht von Felsarten Dünnschliffe anzufertigen, um mikroskopisch deren Structurverhältnisse zu prüfen. Diese Methode ist durch Sorby's Abhandlung „On the microscopical structure of crystals, indicating the origin of minerals and rocks“ [32]) 1858 begründet worden und Zirkel gebührt das Verdienst, in Deutschland durch seine „Mikroskopischen Gesteinsstudien“ [33]) dieser Richtung Geltung verschafft zu haben. Durch ihn und Andere ist diese Untersuchung von Gesteinen mittels des Mikroskopes soweit gefördert worden, dass sie zu einer völligen Umgestaltung der Petrographie ge-

---

[31]) Weitere Auskunft über diesen Gegenstand findet man in nachbenannten Werken: Zirkel, Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine. Leipzig 1873. — Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. Stuttgart 1873. — v. Lasaulx, Elemente der Petrographie. Bonn 1875.

[32]) Quart. Journ. of the Geol. Society, London. Nov. 1858, Vol. XIV. pag. 453 ff.

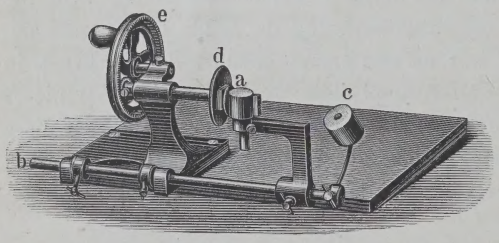
[33]) Sitzb. d. k. k. Akademie in Wien 1863. Bd. 47. Abth. 1, pag. 226 ff.

führt hat. Das Mikroskop ist heutzutage zu einem unentbehrlichen Instrumente geworden, nicht blos für den Botaniker und Zoologen, sondern auch für den Geologen.

Die Art und Weise der Anfertigung von Dünnschliffen kann vielfach abgeändert werden und daher beschränken wir uns darauf, im grossen Ganzen dieselbe zu erläutern.

1. Zuschneiden des Präparates.

Um einen Dünnschliff herstellen zu können, ist es zunächst erforderlich, von dem betreffenden Handstücke möglichst dünne Lamellen abzulösen. Während man von Gesteinen häufig solche durch einen geschickt ausgeführten Hammerschlag oder mittels eines Meissels erhält, so empfiehlt es sich nur selten, diese Methode auch bei versteinten Hölzern zu befolgen. Gewöhnlich ist an diesen noch die ursprüngliche langfaserige Structur deutlich ausgeprägt, weshalb das Holzstück in dem einen Falle [radial und tangential] der ganzen Länge nach aufspalten würde, und im andern [horizontal] das Abspalten einer zusammenhängenden grössern Platte kaum ermöglicht werden könnte. Aus diesem Grunde wählt man zweckmässig einen andern Weg, um die gedachten drei Lamellen von einem versteinten Holze zu erhalten: man schneidet dieselben von dem Handstücke ab, bezw. aus demselben heraus. Wenn das Material nur wenig consistent ist, so thut man gut, dasselbe vorher mit weichflüssigem Canadabalsam zu durchtränken, um davon leichter und sicherer zusammenhängende Schnitte entnehmen zu können. In Figur 78 ist eine kleine Handschneidemaschine abgebildet, wie sie die Firma Voigt & Hochgesang in Göttingen für den Preis von ℳ 66 liefert. Das Handstück, event. ein Bruchstück desselben, wird durch gewöhnlichen Steinschleiferkitt auf dem eisernen Träger *a* befestigt, welcher an der Achse *b* verschiebbar und ausserdem in zwei Richtungen drehbar ist. Mittels eines an derselben Achse anzubringenden, entsprechend grossen Gegengewichtes *c* wird der Gegenstand gegen eine Stahlscheibe *d* gedrückt,



78.

welche durch eine kleine Schwingscheibe *e* mit Zahnradübersetzung in Rotation versetzt werden kann. Aus der Construction erhellt, dass man die Plättchen aus dem betreffenden Material in verschiedenen Richtungen herauszuschneiden vermag, ohne dasselbe von neuem an dem Träger aufzukitten; das Gewicht darf nicht zu schwer sein, denn bei starkem Anpressen des Fossils gegen die Scheibe, könnten die Schwankungen derselben leicht einen Bruch der Platte herbeiführen. Als Schneidematerial verwendet man Smirgel, welcher mit Wasser gemengt ist. Während man nun mit der rechten Hand das Schwungrad dreht, trägt man mit der linken diesen Smirgel vermittels eines Pinsels beständig auf die Scheibe. Es ist zweckmässig, einen Schutzkasten aus Blech anzubringen, welcher unterhalb der Scheibe das herabfliessende Schleifmaterial auffängt und das seitliche Fortschleudern desselben möglichst verhindert; auf der Zeichnung musste jener füglich fortbleiben, um nicht wesentliche Theile des Apparates zu verdecken. Wenn man will, kann man die Einrichtung dieser Maschine dahin modificiren, dass man die Rotation des grossen Rades nicht mit der Hand besorgt, sondern nach Art der Nähmaschinen durch ein Trittbrett vermitteln lässt.

Was die Grösse der Lamellen betrifft, so empfiehlt es sich, dafür etwa eine Fläche von 15 □mm in Aussicht zu nehmen; dieselbe wird bei den späteren Manipulationen, vornehmlich zufolge Abschleifens der Ränder soweit reducirt, dass für den Dünnschliff selbst vielleicht nur eine Grösse von 12 □mm übrig bleibt, die im allgemeinen durchaus genügt.

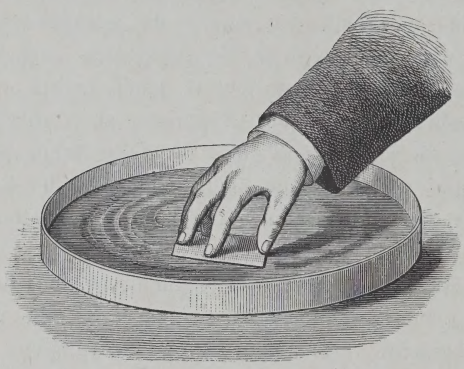
Das nächste Stadium bildet

2. Anschleifen des Präparates.

Unter diesem Ausdrucke versteht man das Glattschleifen der einen Fläche. Wenn jene Lamelle consistent und gross genug ist, so kann man dies unmittelbar mit der Hand bewerkstelligen, andernfalls befestigt man dieselbe auf einer kleinen Glasplatte, welche als bequeme Handhabe dient. Als Klebmittel wird Canadabalsam verwendet, welchen man durch vorsichtiges Erwärmen auf dem Glasplättchen flüssig macht; zugleich erwärmt man auch die Holzlamelle über der Spirituslampe oder einem Gasbrenner, um die anhaftende Feuchtigkeit zu entfernen. Darauf legt man jene auf den Balsam und erhitzt nochmals die Glasplatte bis zum Kochen desselben, wobei ein Anbrennen möglichst zu verhüten ist.

Nachdem der Canadabalsam erkaltet ist und die Entwicklung der Blasen aufgehört hat, drückt man die Holzlamelle fest auf; sollten sich darunter doch noch einige vorfinden, so ist man genöthigt, die Procedur zu wiederholen, weil man andernfalls gar zu leicht Gefahr läuft, dass der Schliff abbricht.

Zum Anschleifen bedient man sich zweckmässiger Weise einer Smirgelplatte. Zuerst ebnet man den Splitter auf einer grobkörnigen Platte und dann wendet man eine feinere zum Glätten der geschliffenen Fläche an. Da der Schleifstein beständig feucht gehalten werden muss, so legt man denselben in einen passenden Napf mit ebenem Boden und giesst soviel Wasser hinein, dass die Oberfläche des Steins grade bedeckt wird [Figur 79]. Sollte es nicht möglich sein, das betreffende Fossil auf der feinkörnigsten Nummer genügend zu glätten, so kann man dies auch auf einer matten Glasscheibe mittels geschlemmten Smirgels, der kein gröberes Körnchen enthalten darf, oder besser auf einem Wetzschiefer mit Beihilfe von Terpentinöl bewirken.



79.

Diese Smirgelsteine sind erst seit wenigen Jahren in den Handel gekommen, früher besorgte man das Schleifen auf Gusseisenplatten durch Smirgelpulver und Wasser. Die neue Methode hat den Vortheil, dass sie einfacher ist, schneller zum Ziele führt und eine grössere Reinlichkeit ermöglicht; nach Anderer und eigenen Erfahrungen kann sie auf's beste empfohlen werden.

3. Dünnschleifen des Präparates.

Wenn die eine Fläche des Präparates geebnet und geglättet ist, so wird dasselbe mittels eines Pinsels und durch wiederholtes Abspülen in Wasser sorgfältig gereinigt. Darauf lässt man es an der Luft trocknen, hüte sich aber davor, dies durch Abreiben mit einem Leinwand- oder Wollen-Lappen zu beschleunigen, da in Folge dieser Procedur unver-

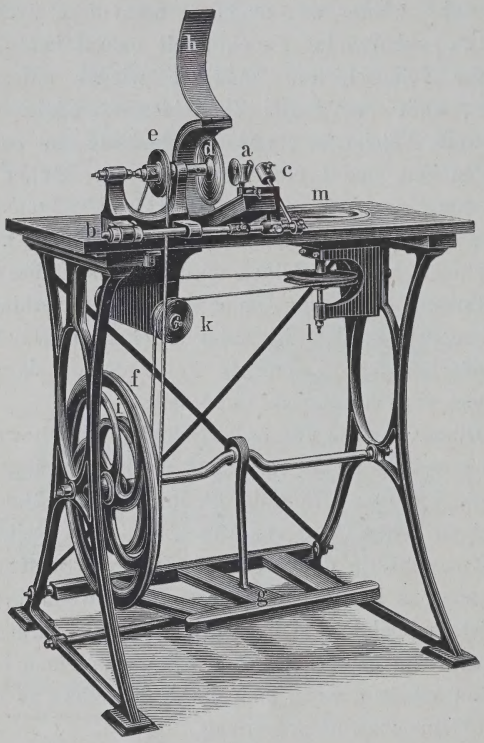
meidlich kleine Fasern zurückbleiben, welche das mikroskopische Bild stören würden. Darauf löst man das Präparat durch Erwärmen des Canadabalsams von dem Glasplättchen ab und heftet es nunmehr mit der angeschliffenen Fläche wieder an, nachdem man diese über der Spiritusflamme von etwa anhaftender Feuchtigkeit befreit hat. Jetzt beginnt das eigentliche Dünnschleifen zunächst wieder auf einer gröberen Smirgelplatte, wobei mancherlei Vorsichtsmaassregeln zu beobachten sind. Die zweite Fläche ist ebenso gleichmässig und parallel mit der unteren anzuschleifen, damit ein Abschleifen der Ränder verhütet wird. Zuletzt, wenn das Präparat auf dem feinkörnigen Stein schon sehr dünn geworden ist, hat man besonders darauf Acht zu geben, dass es nicht zerbricht oder durchgeschliffen wird; indessen dies kann mitunter auch dem Geübtesten begegnen. Um es möglichst zu verhindern, empfiehlt Zirkel [l. c. pag. 11] an den vier unteren Ecken der Handhabe Fragmente von Deckgläschen festzukleben, in Folge dessen das Präparat nicht leicht dünner werden kann als diese selbst.

In Bezug auf die Dünne, welche durch das Schleifen erzielt werden muss, lässt sich im allgemeinen nichts festsetzen, vielmehr hängt dies in jedem einzelnen Falle von dem Grade der Pellucidität des Materials ab. Wenn dasselbe einen hohen Grad von Durchsichtigkeit besitzt, so darf man das Präparat nur mässig dünn schleifen, um die Structurverhältnisse deutlich erkennen zu können, im anderen Falle, wenn das Material fast impellucid ist, empfiehlt es sich natürlich, das Präparat möglichst dünn zu schleifen. Im grossen Ganzen kann man einen Schliff dann für genügend dünn ansehen, wenn man durch denselben nach Befeuchtung mit Wasser bequem zu lesen vermag.

Um Zeit und Mühe zu sparen, kann man mehrere Präparate auf derselben Glasplatte befestigen und dieselben gleichzeitig an-, beziehungsweise dünnschleifen. Dazu ist freilich erforderlich, dass sie gleich dick sind und dem Smirgelstein ungefähr denselben Widerstand entgegen setzen.

Eine anderweitige Erleichterung kann man dadurch erreichen, dass man nicht auf der ruhenden Scheibe das Präparat mit der Hand herumführt, vielmehr mittels einfacher Vorrichtung jene in Rotation versetzt und das Schleifobject nur dagegen drückt. Auch von Rosenbusch [l. c. pag. 6] und Anderen wird dies Verfahren sehr empfohlen, um Zeit zu sparen und einer übergrossen Ermüdung vorzubeugen, dagegen hat Zirkel [l. c. pag. 9] es bei seinen ausgedehnten Arbeiten nicht bewährt gefunden. Von der oben erwähnten Firma Voigt & Hochgesang in Göttingen ist eine grössere Maschine für Fussbetrieb construirt worden, welche sowohl

zum Zuschneiden der Präparate als auch zur Herstellung der Dünnschliffe benutzt werden kann. In Figur 80 geben wir eine Abbildung dieser combinirten Maschine, welche für den Preis von ℳ 200 aus der gedachten Werkstätte bezogen werden kann. Die Schneidevorrichtung ist im wesentlichen dieselbe, wie wir sie bereits oben erläutert haben: *a* bedeutet den Träger, *b* die verschiebbare Achse für diesen und das Gewicht *c*; *d* ist die Schneidescheibe, *e* das kleine Triebrad, welches durch eine Schnur ohne Ende mit dem Schwungrade *f* in Verbindung steht und dies wird durch das Trittbrett *g* in Bewegung gesetzt; *h* stellt den aufgeklappten Schutzkasten vor. Die zur Schleifvorrichtung dienende Gusseisenscheibe *m*, welche in einer Vertiefung der Tischplatte an der verticalen Spindel *l* läuft, wird von einem zweiten Rade *i* aus, durch eine über die Leitrollen *k* gehende Schnur in Drehung versetzt. Wahrscheinlich liesse sich diese Einrichtung leicht dahin modificiren, dass man an Stelle jener Eisenplatte auch eine Smirgelscheibe aufsetzen könnte.



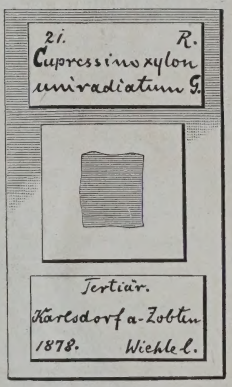
80.

4. Fertigstellen des Präparates.

Da die Glasplatte gewöhnlich grösser und stärker ist, als die zur Aufbewahrung mikroskopischer Schnitte und Schliffe bräuchlichen Ob-

jectträger, und da sie ferner auch durch die erwähnten Manipulationen geschrammt und angeschliffen wird, so ist eine Uebertragung des nunmehr fertigen Schliffes unerlässlich. Diese hängt oft mit grossen Schwierigkeiten zusammen und daher müssen alle jene Vorsichtsmaassregeln beachtet werden, welche in diesem Abschnitte pag. 158 [cfr. auch u.] des Näheren auseinandergesetzt sind. Wenn man nun den Schliff glücklich auf dem neuen Objectträger in Canadabalsam eingebettet hat, so legt man ein Deckgläschen auf, erwärmt nochmals behutsam und drückt dasselbe dann fest. Nach dem völligen Erkalten sprengt man den am Rande etwa vorstehenden Balsam mittels eines scharfen Messers ab und reinigt die betreffenden Stellen durch Alkohol und Wasser.

Es erübrigt nun noch, der Etiquettirung der Präparate zu gedenken, welche zweckmässig durch je einen oben und unten aufgeklebten Papierstreifen bewirkt wird. Auf den oberen schreibe man den Namen des Fossils und bezeichne in der einen Ecke die Inventar- oder anderweitige Nummer desselben, während in der anderen die Richtung, welcher der Schliff entspricht, angegeben werden mag. Hierzu bediene man sich der üblichen Abkürzungen: H für Horizontalschliff, R für Radialschliff und T für Tangentialschliff. Auf der unteren Etiquette dagegen werden die anderweitigen Notizen vermerkt, welche die Formation, den Fundort, die Zeit und den Sammler, sowie etwaige Details betreffen [Figur 81]. Ausserdem ist anzurathen, auf der Rückseite des Objectträgers, unterhalb der Etiquetten, mittels eines Diamanten eine kurze Inschrift zu machen, welche die Identificirung des Dünnschliffes mit dem zugehörigen Handstücke jederzeit ermöglicht. Falls einmal die Etiquetten einiger Objectträger sich ablösen, was in Folge eines schnellen Temperaturwechsels leicht eintreten kann, so ist jene eingravirte Note von grösster Wichtigkeit; für diesen Zweck würde wohl die Angabe der betreffenden Katalog-Nummer genügen.



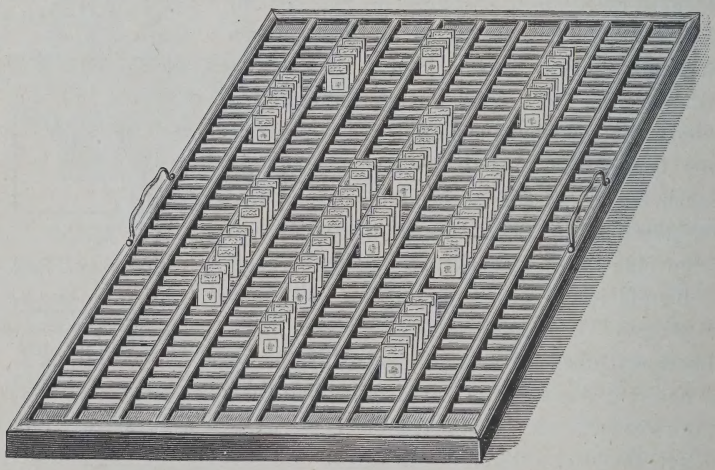
81.

5. Aufbewahrung der Präparate.

Schliesslich mag noch die Aufbewahrung der Dünnschliffe besprochen werden, da sie von derjenigen abweichend ist, welche bezüglich der

mikroskopischen Schnitte angewendet wird. Letztere müssen, sofern sie wenigstens in einer Flüssigkeit eingeschlossen sind, horizontal aufbewahrt und deshalb thunlichst mit Schutzleisten versehen werden. Dies ist bei den Dünnschliffen nicht erforderlich, und daher kann man hierfür eine zweckmässigere Einrichtung treffen; im allgemeinen geschieht dies in der Weise, dass man die Präparate in Holzkästchen mit verticalen Kerbleisten aufhebt, deren Abstand von einander der Grösse der gebrauchten Objectträger entspricht.

Ich habe jüngst für das Westpreussische Provinzial-Museum in Danzig einen Behälter zur Aufbewahrung mikroskopischer Dünnschliffe anfertigen lassen, welcher auf einem etwas anderen Princip beruht. Das Wesentliche besteht darin, dass die Präparate auf der kürzeren Kante in schräger Stellung ruhen, wodurch ein bequemes Lesen der oberen Etiquetten ermöglicht wird; ausserdem kann man auf diesem Untersatze eine recht erhebliche Anzahl unterbringen und übersehen. Derselbe ist 42·0 × 46·0 cm gross und passt genau in die Schubladen derjenigen Schränke, welche zur Aufnahme der mineralogischen, geologischen und palaeontologischen Sammlungen bestimmt sind. Je nach der Tiefe der Schube finden darin zwei bis vier solcher Behälter übereinander Platz; deshalb können in einer Schublade 800—1600 Dünnschliffe



82.

übersichtlich aufgestellt werden. Es ist möglich, dass man schon anderswo eine ähnliche Vorkehrung zur Aufbewahrung von Dünnschliffen getroffen hat, ich habe indessen eine solche nirgend gesehen und bringe sie daher in Figur 82 zur Darstellung. Eine Vereinfachung liesse sich vielleicht dadurch erzielen, dass man in jeder der zehn Reihen an Stelle der vierzig Querleisten seitlich zwei Längsleisten anbrächte, in welche Kerben schräge eingeschnitten sind.

Der Hauptsache nach verrichten diese denselben Dienst und die Herstellung des Untersatzes würde hierdurch wesentlich vereinfacht werden.

*

* *

Es sei noch erwähnt, dass bereits seit mehreren Jahren die Herstellung von Dünnschliffen fossiler Hölzer in mechanischen Werkstätten industriell betrieben wird. Voigt & Hochgesang in Göttingen, Fuess in Berlin, Möller in Wedel [Holstein] und Andere liefern Präparate, die gewiss den in auswärtigen Fabriken hergestellten mindestens ebenbürtig sind. Wenn man daher eine grössere Anzahl von Schliffen braucht, empfiehlt es sich, um Zeit zu sparen, wenigstens einen Theil derselben durch einen Mechaniker herstellen zu lassen. Hierzu ist erforderlich, dass man demselben an dem betreffenden Handstück, mit deutlicher Farbe [34]) genau die Stelle und Richtung des Schliffes angiebt und ausserdem die einzelnen Specimina fortlaufend mit einer Nummer versieht, welche von dem Steinschneider dann gleichfalls auf dem Objectträger des fertigen Schliffes eingravirt wird. Freilich sind die Lieferungskosten nicht gering, sie betragen ℳ 1·0 bis ℳ 1·50 für jeden Schliff; ausserdem ist man der Gefahr ausgesetzt, dass die Schliffe verwechselt werden, was mir übrigens in der Werkstätte von Voigt & Hochgesang höchst selten vorgekommen ist.

Einige der gedachten Firmen bringen auch einzelne Dünnschliffe oder Suiten davon in den Handel; so kann man durch Möller und Fuess manche Schliffe der von Göppert, Unger, Stenzel u. A. beschriebenen Hölzer beziehen. In neuerer Zeit befassen sich namentlich Voigt & Hochgesang, deren Schliffe in Bezug auf Grösse, Gleichmässigkeit und Sauberkeit einen hohen Grad von Vollkommenheit erreichen, mit der Ausgabe von Dünnschliff-Sammlungen fossiler Hölzer. Im Jahre 1879 erschien dort die erste Collection von Hölzern, die durch den Verfasser eine Bearbeitung gefunden hatten und 1880 das Arboretum fossile von Göppert. In beiden Fällen wurden die beregten Schliffe von den Autoren selbst geprüft, weshalb sie gewissermaassen als Originale betrachtet werden dürfen.

---

[34]) Man wähle hierzu Carmin der Düsseldorfer Wasserfarben in Tuben [s. u.] und überziehe nachher die Bezeichnungen mit Spirituslack.

7. Herstellung der Dauerpräparate.

Nachdem wir in den vorhergehenden Capiteln gelernt haben, wie ein zu beobachtender Gegenstand beschaffen sein müsse, um mit dem Mikroskop untersucht werden zu können, nachdem wir weiterhin die verschiedenen Methoden, welche bei der Darstellung der Präparate zu befolgen sind, eingehender erläutert haben, wollen wir hier die Darstellung der Dauerpräparate besprechen. Dauerpräparate sind nämlich solche, welche sich im unveränderten Zustande lange Zeit aufbewahren lassen, welche daher in jedem Augenblicke der Betrachtung unterzogen werden können [cfr. pag. 131].

1. Objectträger und Deckglas.

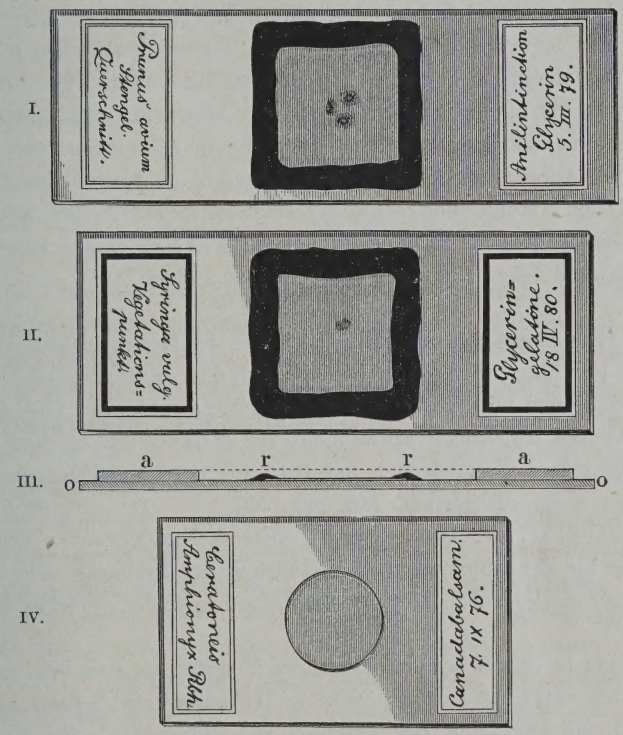
Es wurde bereits mehrfach erwähnt, dass das zu betrachtende Präparat in Flüssigkeit auf einer Glasplatte liegen müsse und gewöhnlich von einem sehr dünnen Glasplättchen bedeckt sei. Bei den Dauerpräparaten sind beide Gläser ausnahmslos erforderlich. Die untere, stärkere Glasplatte führt den Namen Objectträger, das obere, dünne Plättchen heisst Deckglas, Deckgläschen oder Deckplättchen.

A. Der Objectträger. Der Objectträger ist eine Platte aus reinem Spiegel- oder Solinglas, oft auch nur aus gewöhnlichem, grünlichen Fensterglas. Die Dicke des zu demselben verwandten Glases beträgt am passendsten 1 bis 1·5 mm. Gläser von weniger als 1 mm Dicke sind zu leicht zerbrechlich, solche welche über 2 mm dick sind, sollte man nicht zu Objectträgern verwenden. Vollkommen farbloses Glas ist am empfehlenswerthesten, jedoch kann auch schwach grünliches ohne grossen Schaden verwandt werden. Viel wichtiger ist es, dass der Objectträger — wenigstens an den Stellen, auf welche das Präparat zu liegen kommt — rein sei, also keine Blasen, Risse, Streifen enthalte.

Die Kanten des Objectträgers seien nicht zu rauh. Sie können mit Leichtigkeit vom Glaser abgeschliffen werden; auch kann man dieses Geschäft mit einem Schleifstein und Terpentinöl leicht selbst besorgen.

Welches Format man dem Objectträger giebt, ist reine Geschmackssache und im Grunde genommen gleichgiltig, nur darf man es weder

zu klein noch zu gross wählen. Zu kleine Objectträger lassen sich unter dem Mikroskope nur schlecht handhaben, ohne dass man das Deckglas oder das Objectivsystem mit dem Finger berührt. Objectivträger, welche so gross sind, dass sie über die Ränder des Mikroskoptisches vorstehen, sind unter jeder Bedingung zu verwerfen. Denn stösst man mit dem Finger auf den vorstehenden Theil, so klappt der Objectträger hoch und schlägt mit dem Deckgläschen gegen die Metallfassung des Objectives, wodurch das Präparat leicht zerstört werden



83.

kann. — Diejenigen Grössen, welche am meisten in Anwendung kommen, sind die folgenden:

a. Das Englische Format. Länge 76 mm, Breite 26 mm. [Figur 83 I.]

b. Das Deutsche Format, auch Giessener Vereinsformat genannt: 48 × 28 mm. [Figur 83 IV.]

c. Das Wiener Format, 65 × 25 mm, oder 70 × 27 mm. [Figur 83 II] [35]).

Am gebräuchlichsten ist in Deutschland wohl das Format b; wir ziehen jedoch das Format a allen anderen vor.

Es ist nothwendig, dass der Objectträger vor dem Gebrauch sorgfältig gereinigt werde. In den meisten Fällen wird dieses schon dadurch erreicht werden, dass man ihn mit destillirtem Wasser und mit Alkohol abwäscht, sodann mit reiner Leinwand trocken reibt. Für sehr schmutzige Objectträger, oder wenn man eine absolut reine Glasfläche haben will, empfiehlt sich folgendes, allerdings etwas umständliche Verfahren. Man legt den Objectträger in ein Porcellanschälchen mit erwärmter Salpetersäure, holt ihn nach einigen Minuten mit der Pinzette heraus, spült gut mit destillirtem Wasser ab, bringt ihn ganz kurze Zeit in verdünnte Kalilösung, wäscht dann bis zur vollständigen Entfernung des Alkalis mit destillirtem Wasser ab, übergiesst ihn darauf mit absolutem Alkohol und schwenkt schliesslich mit Aether ab, den man verdunsten lässt. Man erhält auf diese Weise ohne Anwendung eines Leinwandtuches eine ganz spiegelblanke Fläche [36]).

B. Das Deckgläschen. Die Dicke des Deckgläschens ist bekanntlich [cfr. pag. 28 ff.] von Einfluss auf das mikroskopische Bild. Für schwache und mittlere Vergrösserungen kann man zwar Deckgläser von 0·2 bis 0·4 mm Dicke verwenden; für stärkere und stärkste Vergrösserungen darf dieser jedoch nur 0·15 bis 0·10 mm betragen oder muss selbst noch geringer sein [cfr. pag. 55].

Die Gestalt der Deckgläser ist unseres Erachtens von grossem Belang für die Brauchbarkeit und Haltbarkeit der Präparate. Es giebt runde, quadratische und rechteckige Deckgläschen in den verschiedensten Grössen [37]).

Man mache es sich sowohl bei Dauerpräparaten als auch bei solchen, welche nach der Untersuchung nicht weiter aufbewahrt werden sollen, zur Regel, nie zu kleine Deckgläschen zu gebrauchen. Bei frischen

---

[35]) Andere, weniger gebräuchliche Grössen sind noch 75 × 30 mm, 70 × 35 mm, 70 × 30 mm, 60 × 25 mm, 33 × 33 mm [letzteres für Steinschliffe].

[36]) Die beste und billigste Bezugsquelle für Objectträger wie Deckgläser jeder Art und Grösse ist Wilh. P. Stender, Dampfschleiferei, Leipzig.

[37]) In dem Stender'schen Preiscourant sind quadratische von 18, 15, 12 und 10 mm Seitenlänge, runde von 22, 18, 15, 12, 10, 8 und 6 mm Durchmesser, rechteckige von 26 × 21, 22 × 16, 18 × 12 mm angegeben.

Präparaten läuft man bei Anwendung zu kleiner Deckgläschen Gefahr, dass die an den Rändern desselben hervortretende Flüssigkeit mit dem Objectiv in Berührung kommt. Wird zu einem Dauerpräparat ein zu kleines Deckgläschen verwandt, so ist häufig der Lackrahmen [s. u. und Figur 83] der Einstellung bei starken Vergrösserungen hinderlich. Am empfehlenswerthesten sind für den gewöhnlichen Gebrauch quadratische Plättchen von 18 mm Seitenlänge [Figur 83 I, II] oder runde von 15 mm Durchmesser. Den letzteren geben wir bei der Herstellung von Dauerpräparaten vor allen anderen den Vorzug, da sie am leichtesten einen dichten Verschluss ermöglichen. Wendet man bei der Untersuchung Reagentien [s. vierter Abschnitt] an, welche, wenn sie mit dem Objectiv in Berührung kommen, dieses verderben, oder welche für das Objectiv schädliche Dämpfe entwickeln, so hat man sich natürlich möglichst grosser Deckplättchen zu bedienen.

2. Conservirungsmittel [Zusatzflüssigkeiten].

Die frisch dargestellten botanischen Präparate, welche der Beobachtung unterzogen werden sollen, pflegt man gewöhnlich auf dem Objectträger in einen Tropfen destillirten Wassers zu bringen und dann mit dem Deckgläschen zu bedecken. Allein wir haben schon früher [pag. 132] erwähnt, dass diese „Zusatzflüssigkeit“ selbst bei frischen Präparaten nicht immer zu verwenden ist. Ebenso lässt sich das Wasser bei Dauerpräparaten kaum in Anwendung bringen, da die meisten Objecte in ihm mit der Zeit verwesen würden. Man hat in diesen Fällen Conservirungsmittel zu wählen, welche einestheils diese Verwesung nicht eintreten lassen, anderntheils sich indifferent genug zu dem zu conservirenden Objecte verhalten, dieses also möglichst wenig verändern. Man hat für den Zweck eine grosse Reihe von Stoffen in Anwendung gebracht, von denen wir hier nur die wichtigsten und gebräuchlichsten aufzählen. Es sind entweder verdunstende oder nicht verdunstende Flüssigkeiten, oder Stoffe, welche im flüssigen Zustande angewandt werden, später aber schnell erstarren.

A. Glycerin [Glycerinum depuratum d. Offic.] [38]). Es ist für den Botaniker die wichtigste aller Conservirungsflüssigkeiten. Es kann

[38]) Harting, Das Mikroskop, p. 559. — Dippel, Das Mikroskop, Bd. I, pag. 474. — Frey, Das Mikroskop, pag. 134. — Nägeli und Schwendener, Das Mikroskop, pag. 277. — Poulsen, Botanisk Mikrokemi, pag. 43. — Ders., Deutsche Uebersetzung, pag. 51.

bei den meisten pflanzlichen Präparaten in Anwendung gebracht werden und erhält Stärke- und Chlorophyllkörner relativ am besten. Nur für Florideen, Bacterien und Diatomeen soll dasselbe nicht gut zu verwenden sein [Poulsen l. c.]. Concentrirtes Glycerin besitzt zwar im eminenten Grade die Fähigkeit, durch Wasserentziehung eine Schrumpfung der Gewebe, eine Contraction des Primordialschlauches hervorzurufen, jedoch lässt sich dieses grösstentheils vermeiden, wenn man die Präparate zuerst in mit destillirtem Wasser sehr verdünntes Glycerin für längere Zeit bringt. Man wendet das Glycerin als Einschlussflüssigkeit entweder concentrirt an, oder, da es in diesem Falle häufig zu stark aufhellend [cfr. pag. 160] wirkt, in verschiedenen Verdünnungsgraden mit Wasser [1 : 1 etc.]. Frey [l. c.] empfiehlt auch, das ganz concentrirte Glycerin mit einem minimalen Zusatze reiner Carbolsäure zu gebrauchen, für andere Zwecke setzt er zu 30 g Glycerin 2 Tropfen starker Salzsäure, oder an Stelle dieser concentrirte Essigsäure. Gewisse Tinctionen, wie solche mit Carmin [s. u.] verlangen einen Säurezusatz, da sonst ihre Farbe nach einiger Zeit verblasst. Nach Dippel [l. c.] verhindert auch ein geringer Essigsäurezusatz zu concentrirtem Glycerin das Schrumpfen und zu starkes Erhelltwerden dünner Präparate.

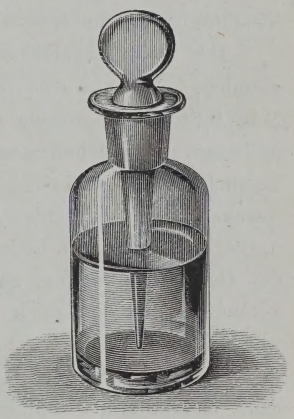
Für die Aufbewahrung sehr zarter Gegenstände, grüner Algen etc. soll sich eine von Hantsch [39]) erfundene Glycerinmischung empfehlen, welche Dippel [l. c.] folgendermassen beschreibt: „Man wendet hierbei eine Mischung von 3 Theilen reinem, 90-procentigem Weingeist mit 2 Theilen Wasser und 1 Theil Glycerin an, die man in einem gut schliessenden Glase aufheben kann. Um die Einwirkung dieser Flüssigkeit für den Anfang soweit als möglich zu mässigen, bringt man das Object zuerst in einen Tropfen Wasser, dem man einen kleinen Tropfen der Mischung zugesetzt hat, auf den Objectträger. Hierauf legt man das Präparat an einen möglichst vor Staub geschützten Ort, an welchem Wasser und Weingeist ungehindert verdunsten können und lässt es solange ruhig liegen, bis fast alle Flüssigkeit verdunstet ist. Nun bringt man einen zweiten Tropfen der Mischung hinzu, und setzt nach jedesmaliger Verdunstung von Wasser und Weingeist dies Verfahren solange fort, bis auf dem Objectträger soviel Glycerin zurückgeblieben ist, als das Präparat erfordert. Damit die gute Erhaltung des letzteren vollständig gesichert werde, ist es anzurathen, dasselbe, ehe man zum Ver-

---

[39]) Hantsch in Reinicke's Beiträgen zur neueren Mikroskopie. Heft III, pag. 37 f.

schluss schreitet, einige Tage liegen zu lassen, um sich zu überzeugen, dass in der Aufbewahrungsflüssigkeit keine verdunstbaren Theile mehr vorhanden sind".

Die in Glycerin zu bewahrenden Objecte werden mit destillirtem Wasser angefeuchtet, ehe man sie in dasselbe bringt. Man legt sie am zweckmässigsten in ein Schälchen voll Wasser, giebt dann einen Tropfen Glycerin auf den Objectträger und überträgt das Präparat, an welchem möglichst wenig Wasser haften möge, in diesen. Sodann wird es mit dem Deckglase bedeckt. Hierbei wird es dem Anfänger oft schwer werden, die Menge des Glycerins so zu treffen, dass es den Raum unter dem Deckgläschen ganz erfüllt, nicht aber an den Rändern hervortritt. Auf folgende Weise wird man die Menge leicht sehr annähernd treffen. Man füllt in ein Glas mit langem Stöpsel von der Gestalt Figur 84 eine Portion Glycerin, steckt den Stöpsel ganz ein und hebt ihn wieder hervor; es wird hierbei immer ein Tropfen von derselben Grösse an ihm hängen bleiben. Diesen bringt man versuchsweise auf den Objectträger und deckt die gewöhnlich benutzte Deckglasgrösse auf. Hat man zu wenig oder zu viel Flüssigkeit auf den Objectträger gebracht, so lässt sich durch Zusatz resp. Fortnahme von Glycerin im Stöpselgläschen leicht ein so hohes Niveau hervorbringen, dass der Stöpsel gerade die richtige Quantität hervorhebt. Bis zu dieser Höhe hält man das Glas stets gefüllt.



84.

Man vermeide es, das Glycerin zu schütteln, weil sich dabei kleine Luftbläschen in ihm ansammeln, die in die Präparate übertragen werden. Um käufliches, reines Glycerin von Luftblasen zu befreien, genügt es, dasselbe schwach zu erwärmen und dann durch ein gewöhnliches Filter oder feine Glaswolle direct in das Stöpselglas zu filtriren.

B. Glyceringelatine [Gelatinglycerin]. In neuerer Zeit ist das Glycerin häufig durch eine glycerinhaltige Flüssigkeit ersetzt worden, welche erwärmt angewandt wird und beim Kaltwerden erstarrt, die sogenannte Glyceringelatine. Wir glauben, dass man mit Recht diesem Stoffe vor dem Glycerin in vielen Fällen den Vorzug giebt, da seine Handhabung sehr bequem ist und, wie wir durch sorgfältige Ver-

suche erfahren haben, sich viele botanische Objecte ganz vorzüglich in derselben halten, vorausgesetzt, dass man gute Glyceringelatine anwandte.

Eine, wie wir aus eigener Erfahrung bestätigen können, ganz zweckentsprechende Darstellungsmethode derselben ist von KAISER [40]) gegeben worden: „Man weicht 1 Gewichtstheil feinster französischer Gelatine in 6 Gewichtstheilen destillirten Wassers ca. 2 Stunden lang, setzt darauf 7 Gewichtstheile chemisch reinen Glycerins hinzu und giebt auf je 100 g der Mischung 1 g concentrirte Carbolsäure. Sodann wird das gesammte Gemisch 10—15 Minuten lang unter beständigem Umrühren erwärmt, bis alle Flocken, welche sich beim Hineinschütteln der Carbolsäure gebildet haben, verschwunden sind. Schliesslich filtrirt man die Abkochung noch warm durch feinste Glaswolle, welche man zuvor mit destillirtem Wasser ausgewaschen und noch nass in den Trichter gelegt hat".

Die Glyceringelatine erstarrt bei gewöhnlicher Temperatur vollständig, sie muss also bei jedesmaligem Gebrauch erwärmt werden. Man füllt sie zu diesem Zwecke am besten in dünnwandige Reagenzcylinder, in welchen das Erwärmen im Augenblick geschehen kann. Dann hebt man mit einem Glasstäbchen einen Tropfen des flüssigen Gemisches auf einen schwach erwärmten Objectträger und bringt das vorher in verdünntes Glycerin gebrachte Präparat hinein. Es wird nun das Deckglas aufgelegt und erkalten lassen; das Präparat ist fertig und braucht später nur noch mit einem Lackrahmen [s. u.] versehen zu werden [41]). —

NORDSTEDT [42]) löst zur Darstellung der Glyceringelatine 1 Theil reine Gelatine in 3 Theilen kochendem, destillirten Wasser, und setzt 4 Theile Glycerin und [um Schimmelbildung zu vermeiden] ein Stückchen Kampher zu.

Eine dritte, im American Monthly Microscopical Journal [43]) ge-

---

[40]) KAISER in Botan. Centralbl. Bd. I, 1880, pag. 25 ff. Vgl. ferner BRANDT in Zeitschr. f. Mikroskopie Bd. II, 1880, pag. 69 ff. — POULSEN, Botanisk Mikrok., pag. 43 [Uebersetzung pag. 51]. — Journ. of the Royal Microsc. Soc. London, vol. III, 1880, pag. 502.

[41]) Präparate, deren Zellinhalt [Protoplasma, Chlorophyll etc.] möglichst erhalten bleiben soll, müssen erhärtet werden [cfr. pag. 148] ehe sie in Gelatine eingeschlossen werden.

[42]) NORDSTEDT: Om användandet af gelatinglycerin vid undersökning og preparering af Desmidieer. [Botaniska Notiser 1876, Nr. 2.]. — POULSEN l. c. pag. 43 [Uebersetzung pag. 51].

[43]) Vol. II, 1881, pag. 4, 5.

gebene Darstellungsweise der Glyceringelatine nebst ihrer Anwendung ist die folgende:

„The jelly is made by dissolving transparent isinglass in sufficient water, so that is makes a stiff jelly when at the ordinary working temperature of the room where the slides are mounted, add one-tenth as much good glycerin and a little solution of borax, carbolic acid, or camphor-water. The mixture should be well filtered while hot through washed muslin or other fabric, as it will not run through the usual filter-paper, and the subsequent addition of a little alcohol improves its working. Objects, if perfectly clean, may be transferred at once from water to this medium, which should be slightly warmed before using, if not perfectly fluid. The cover is adjusted and the slide put away until a numbre have accumulated. The cover should not be pressed down too hard, and a liberal amount of jelly used to allow for shrinkage in drying. The slides may be finished as soon as the jelly has set, or the may be left for several days. If air bubbles are entangled they will usually escape while drying, or they may be driven out by warming the slide a little. When ready to finish the slides, take them to a water cooler and let the ice-cold water drop over them, while with a camel's-hair brush, rather stiff, all the superfluous jelly may be readily brushed away by the aid of the flowing water, which keeps the jelly under the cover hard. The slides are then dried with a towel or blotter, and finished with a balsam ring or any other cement desired".

Uebrigens sind Glyceringemische mit Gelatine, arabischem Gummi, Leim oder anderen erstarrenden Substanzen seit längerer Zeit von einzelnen Mikroskopisten angewandt worden. Das Schacht'sche Glyceringemisch besteht aus 1 Theil Gelatine, 3 Theilen Wasser und 4 Theilen Glycerin. Deane mischt 4 Theile Glycerin mit 2 Theilen Wasser und 1 Theil Gelatine. Nachdem letztere in dem erwärmten Wasser gelöst ist, setzt man das Glycerin zu. Klebs empfiehlt 2 Theile concentrirte Hausenblasenlösung mit 1 Theil Glycerin, Beale erweicht reinen Leim in Wasser, löst ihn im Wasserbade in einem Glasgefäss, setzt das gleiche Quantum Glycerin zu und filtrirt durch Flanell. Ferrants gebraucht eine Mischung aus gleichen Theilen Glycerin, arabischem Gummi und gesättigter wässriger Lösung von arseniger Säure[44]).

C. Canadabalsam [Balsamum canadense][45]). Dieses Harz findet als Einschlussmittel bei thierischen Präparaten die ausgedehnteste

---

[44]) Die letzten Angaben nach Dippel l. c. pag. 476. — Frey l. c. pag. 135. — Nägeli und Schwendener l. c. pag. 277.

[45]) Harting l. c. pag. 557. — Nägeli und Schwendener l. c. pag. 276. — Dippel l. c. pag. 470 ff. — Frey l. c. pag. 130 ff. — Poulsen l. c. pag. 44. [D. Ueb. pag. 53.]

Anwendung, während es bei pflanzlichen nur selten benützt werden kann, da es z. B. Zellwände zarter Schnitte viel zu stark erhellt und die meisten wasserhaltigen Pflanzenpräparate das für den Einschluss in Canadabalsam nöthige vorgängige Austrocknen nicht vertragen. Er ist aber vorzüglich verwendbar für die Einbettung der Diatomeen, harter Samenschalen, Sporen, verkieselter Epidermiszellen und Steinschliffe fossiler Pflanzen [cfr. pag. 170 f.].

Man gebraucht die beste käufliche Sorte von möglichst wasserklarer Farbe und nicht zu dickflüssiger Beschaffenheit. Balsam, welcher durch längeres Aufbewahren zu strengflüssig geworden ist, kann durch Terpentinöl, Aether oder Chloroform [Frey, Poulsen] verdünnt werden. Um die Verdunstung möglichst zu verhindern, wird er in gutschliessenden, weithalsigen Stöpselgläsern verwahrt. — In der Neuzeit ist von E. Kaiser „Canadabalsam in Tuben", in Terpentingeist gelöst, für Mikroskopirzwecke in den Handel gebracht worden. Es ist eine sehr dünnflüssige, fast vollkommen farblose Flüssigkeit, welche sich wie Oelfarbe in einer Metalltube befindet. Der Balsam ist in dieser Form sehr bequem zu handhaben, trocknet schnell und bildet weit seltener Luftbläschen im Präparat.

Der Einschluss in Balsam geschieht auf folgende Weise. Das einzuschliessende Object darf keine Spur Wasser enthalten, es muss also vorher im Exsiccator [cfr. pag. 147] vollkommen getrocknet werden [Diatomeen] oder — da nicht alle Präparate vollständiges Austrocknen vertragen — es muss das Wasser durch Einlegen in absoluten Alkohol entfernt werden, worauf man es zunächst in Terpentinöl oder auch Nelkenöl [nach Prof. Rindfleisch] überträgt. — Nun bringt man auf einen schwach erwärmten Objectträger ein Tröpfchen Balsam, holt das Object aus den soeben erwähnten Flüssigkeiten, lässt diese möglichst abtropfen, bringt es in den Balsam, der es von allen Seiten umgeben muss, und deckt ein vorher etwas erwärmtes Deckgläschen auf, indem man den Objectträger gleichzeitig mit der Unterseite über eine ganz kleine Weingeistflamme hält. Für den Einschluss in Balsam wie in Glyceringelatine verwendet man am besten runde Deckgläschen; bei Anwendung derselben läuft man viel weniger Gefahr Luftbläschen in den Balsam zu bekommen als bei eckigen. Sollten sich solche unter dem Deckgläschen finden, so werden sie dadurch entfernt, dass man das Präparat längere Zeit in etwas geneigter Lage auf eine erwärmte Fläche, z. B. eine Ofenplatte legt. Sind die Präparate mehrere Tage alt, so ist der Balsam vollkommen hart geworden; es kann dann der an den Deckglasrändern übergequollene leicht mit einem Stahlinstrumente abgekratzt werden; die letzten Spuren desselben werden mit einem in

Terpentinöl und Alkohol getränkten Leinwandtuch entfernt. Es ist nicht unumgänglich nöthig, die Präparate mit einem Lackrahmen [s. u.] zu versehen, jedoch pflegen es viele Mikroskopiker zu thun.

D. Chlorcalciumlösung[46]. Das Chlorcalcium ist die älteste Conservirungsflüssigkeit für botanische Dauerpräparate; sie wurde bereits von H. v. Mohl[47]) empfohlen. Es war früher fast die einzige bekannte Zusatzflüssigkeit. Nach Harting, Dippel, Nägeli und Schwendener soll es sich sehr gut für Zellwandpräparate eignen, nicht aber für Chlorophyll und stärkehaltige Objecte, da diese Inhaltsstoffe in ihm aufquellen, resp. ganz zerstört werden. In der Neuzeit ist das Chlorcalcium mehr aus der Mode gekommen, und zwar theilweise mit Recht, denn es ist nicht sehr leicht, Chlorcalciumpräparaten einen haltbaren Verschluss zu geben. Man wendet entweder die gesättigte wässerige Lösung oder verschiedene Verdünnungsgrade [1 $CaCl_2$: 4—8 H_2O Harting, 1 $CaCl_2$: 3 H_2O Dippel, etc.], und setzt der Flüssigkeit einige Tropfen chemisch reiner Salzsäure zu.

E. Sonstige Conservirungsflüssigkeiten. Ausser den bereits aufgeführten Einschlussmedien ist noch eine ganze Reihe anderer in Gebrauch, welche jedoch theilweise von nur zweifelhaftem Werthe sind oder aber sich nur für ganz bestimmte, wenige Präparate eignen, weshalb sie hier nur flüchtig aufgezählt werden können:

Zuckerwasser mit etwas Sublimat versetzt, um Schimmelbildungen zu verhüten, soll nach Nägeli und Schwendener[48]) für alle solche Objecte anwendbar sein, welche durch Glycerin und Chlorcalcium zu sehr verändert werden.

Sublimatlösungen. Von diesen sind zahlreiche Compositionen empfohlen worden, zuerst eine solche von Godbay [Godbay'sche Flüssigkeit]:

Chlornatrium	g	120·00
Alaun	g	60·00
Sublimat	g	0·25
Destillirtes Wasser, kochend .	l	2·33[49])

---

[46]) Harting l. c. pag. 556. — Dippel l. c. pag. 447. — Nägeli und Schwendener l. c. pag. 277. — Frey l. c. pag. 137. — Poulsen l. c. pag. 44 [Uebers. pag. 53].

[47]) H. v. Mohl, Mikrographie pag. 335.

[48]) l. c. pag. 278.

[49]) Frey l. c. pag. 135.

Pacini modificirte dieses Gemenge wie folgt[50]):

I		II	
Sublimat	1 Th.	Sublimat	1 Th.
Chlornatrium	2 „	Essigsäure	2 „
Glycerin [25 Beaumé] .	13 „	Glycerin [25 Beaumé] .	43 „
Destillirtes Wasser . .	113 „	Destillirtes Wasser . .	275 „

Man lässt die Mischungen zwei Monate lang stehen, verdünnt 1 Theil davon mit 3 Theilen destillirten Wassers und filtrirt. — Angaben für andere, für den Botaniker jedoch wenig brauchbare Sublimatcompositionen findet man ll. cc. bei Nägeli und Schwendener, bei Frey, sowie bei Harting[51]).

Creosotmischungen. Harting[52]) empfiehlt für einige Präparate wässerige Creosotlösung, bestehend aus einer gesättigten Lösung von Creosot in 20 Theilen Wasser, dem man 1 Theil Alkohol von 32° zugesetzt hat. — Beale[53]) giebt folgende Vorschrift zu einer complicirteren Mischung: Man vermischt 180 g Methylalkohol mit 11 g Creosot, setzt so viel pulverisirte Kreide zu, dass sich ein dicker Brei bildet, dann setzt man ganz allmählich unter fortwährendem Reiben in einem Mörser 1920 g Wasser zu und fügt noch ein Paar Campherstückchen bei. Nach 14 Tagen bis 3 Wochen filtrirt man und bewahrt das Filtrat in einer gut schliessenden Flasche. Es eignet sich zur Conservirung von Desmidiaceen.

Topping's Flüssigkeit, bestehend aus 1 Th. absolutem Alkohol und 5 Theilen Wasser oder an Stelle des letzteren 4 Theile Wasser und 1 Theil essigsaurem Alaun. Die Mischung wird mit dem gleichen Volumen Glycerin versetzt und soll Carmintinctionen [s. u.] vorzüglich conserviren[54]).

Kaliumacetat. Dieses Salz wurde in wässeriger Lösung zuerst von Sanio[55]) empfohlen, später ist es auch von Dippel[56]) als gutes Conservirungsmittel bezeichnet worden. Es soll zumal schön das Chlorophyll conserviren, ohne eine merkliche Schrumpfung der Zellwände herbeizuführen. Man verwendet eine gesättigte Lösung in destillirtem

---

[50]) Nägeli und Schwendener l. c. pag. 278. — Frey l. c. pag. 136.
[51]) Harting l. c. pag. 558.
[52]) l. c. pag. 557.
[53]) Frey l. c. pag. 137. — Nägeli und Schwendener l. c. pag. 279.
[54]) Frey l. c. pag. 138.
[55]) Sanio in Botan. Zeitg. 1863, pag. 359.
[56]) Dippel l. c. Bd. I, pag. 480.

Wasser, die sich auch zur Conservirung von Bacterien verwenden lässt, welche mit Anilin tingirt wurden [57]).

Conservirungsmittel für Algen. Um Confervaceen und verwandte Algen, ferner Desmidiaceen zu conserviren, verwendet P. Petit [58]) die folgende Composition, welche nach der Lösung filtrirt wird:

Campherwasser . . .	g	50·00
Destill. Wasser . . .	g	50·00
Eisessig	g	0·50
Krystall. Kupferchlorid .	g	0·20
Krystall. Kupfernitrat .	g	0·20

Monobrom-Naphthalin soll sich nach neueren Versuchen von Abbé und Dippel [59]), als Einschlussmittel für solche Objecte eignen, welche bei sehr starken Vergrösserungen zu untersuchen sind, z. B. für als Testobjecte benutzte Diatomeen [cfr. pag. 47—55].

Farbige Conservirungsflüssigkeit. Von Seiler [60]) ist kürzlich eine complicirte Flüssigkeit angegeben worden, welche sich z. B. für die Aufbewahrung von Stärkekörnern etc. ganz vorzüglich eignen soll. Ihre Herstellung, sowie ihre Anwendung beschreibt Seiler folgendermaassen:

„It is necessary first to have some aniline blue staining fluid, which we make after the formula given by Beale:

Soluble aniline blue . . .	½ grain
Destilled water	1 ounce
Alcohol	25 drops

A mixture in made of equal parts of glycerine and water, to which is added a very little acetic acid, only two or three drops to the ounce.

To this mixture of slightly acidulated dilute glycerine is added the aniline blue staining fluid until the whole mixture is of a decided blue colour.

A drop of this mixture is placed on a glass slide and some of the starch to be mounted is dusted over the top. This dusting can be done to the very

---

[57]) Poulsen l. c. pag. 44 [Uebers. pag. 53].

[58]) Brebissonia, Jahrg. III [1880], pag. 92. — Cfr. auch Cornu et Rivet, Des préparations microscopiques. Paris 1872. — Ueber eine eigenthümliche Methode, bereits getrocknete Meeresalgen für mikroskopische Untersuchungen herzurichten, cfr. C. J. Jones in The Northern Microscopist Bd. I [1881], pag. 54—56, ferner Journal of the R. Microsc. Society of London Ser. II, vol. I pt. 3 [1881], pag. 530 f.

[59]) Cfr. Dippel in Botan. Centralblatt Bd. III [1880], pag. 1149.

[60]) Seiler's Compendium of Microscopical Technology, Philadelphia 1881. Vol. I, pag. 13 f.

best avantage by touching the starch with a camel's-hair brush, and then slightly shaking the brush over the drop of coloured glycerine.

The starch soon sinks in the mixture, and the cover is applied. This method of dusting the starch is much better than stirring it in the mixture with a fine needle, which almost invariably results in an admixture of air.

After the cover is applied it is pressed down quite firmly against the slide, and all excess of the glycerine carefully removed. The slide is then transferred to the turntable, and a thin layer of dammar or balsam in benzole placed around the border of the cover. This soon hardens, and in a day or two we can finish with the white zink or Brunswick black or other cements.

The effect of thus mounting the grains of starch is this: — the grains themselves have not taken the staining in the least, neither will they ever take it; they retain their natural appearance, surrounded everywhere by the blue glycerine, and the effect is most beautiful".

Ausser den soeben aufgezählten Conservirungsflüssigkeiten liessen sich noch eine ganze Anzahl derselben aufführen, über welche sich Angaben in den verschiedensten Werken zerstreut finden. Wir sehen hiervon aber um so mehr ab, als der grösste Theil derselben nur von ihren Erfindern angewandt wurde, von Anderen aber auf die Brauchbarkeit nicht geprüft ist.

3. Das Einlegen der Präparate in flüssige Conservirungsmittel.

Wie man beim Einlegen der Präparate in erstarrende Einschlussmittel, also in Glyceringelatine und Canadabalsam verfährt, haben wir bereits [pag. 180 und 182] kurz angedeutet. Dieses ist im Ganzen nicht mit Schwierigkeiten verknüpft und gelingt auch dem Anfänger nach einigen Versuchen bald.

Anders das Einlegen in Flüssigkeiten. Hier muss einestheils die Menge der Flüssigkeit so abgemessen sein, dass sie den Raum zwischen Deckglas und Objectträger gerade ausfüllt, anderntheils erfordern alle in Flüssigkeiten conservirten Objecte noch einen hermetischen Verschluss, von dem in der Folge die Rede sein soll.

Welcher Natur der kleine Kunstgriff ist, den man anwenden kann, um die ungefähre Menge der Zusatzflüssigkeit zu treffen, haben wir beim Glycerin bereits erwähnt [cfr. pag. 179]. Man kann jedoch das Hervortreten der Zusatzflüssigkeit an den Rändern des Deckgläschens dadurch theilweis verhindern, dass man den Objectträger, ehe man die Zusatzflüssigkeit darauf bringt und mit einem ganz niedrigen Rahmen des später zu beschreibenden Asphalt- oder Mikroskopirlackes versieht,

welcher etwas kleiner ist, als das Deckgläschen. Schacht, von dem dieses Verfahren des Grundirens, wie ich es nennen will, stammt, trägt zwei Lackleisten, entsprechend zwei gegenüberliegenden Kanten des Deckglases auf, Dippel [61]) deren drei, die ein an einer Seite offenes Quadrat bilden, Nägeli [62]) endlich fügt noch eine vierte hinzu, wodurch der Rahmen geschlossen wird. Jeder dieser Autoren hält seine Methode für die beste, wir überlassen es dem Praktiker, sich für diese oder jene zu entscheiden. Sehr zierlich lassen sich dergleichen runde Rahmen mit dem Drehtisch [s. u.] herstellen, man muss alsdann natürlich runde Deckgläschen verwenden.

Mögen wir nun also einen mit Grundirungsrahmen versehenen Objectträger anwenden, oder einen ohne solchen Rahmen, das Verfahren des Einlegens in die Flüssigkeit ist dasselbe. Man bringt von letzterer die nöthige Quantität auf den Objectträger, den man, um die Flüssigkeit gut haften zu machen, vorher etwas angehaucht hatte. Die von Luft befreiten [cfr. pag. 157] Schnitte werden darauf in die Flüssigkeitstropfen gebracht und unter dem Simplex mit Hilfe zweier Präparirnadeln zurecht gelegt [cfr. pag. 159]. Hierbei drückt man sie sanft nieder so dass sie an der Oberfläche des Objectträgers etwas adhäriren, man läuft so nicht Gefahr, dass sie bei Auflegen des Deckgläschens ihre Stelle verändern.

Die nun folgende Manipulation, das Auflegen des Deckgläschens, will erst gelernt sein und misslingt Anfängern nicht selten. Verwendet man ein eckiges Deckglas, so wird es mit der Pinzette an einer Ecke gefasst, auf der mit dem Glycerin etc. in Berührung kommenden Fläche angehaucht und zuerst mit der der Pinzette gegenüberliegenden Kante aufgelegt. Nun senkt man die Pinzette allmählich so weit, bis der Flüssigkeitstropfen das Deckgläschen in der Mitte berührt. Wenn man jetzt das Deckgläschen plötzlich loslässt, so gelingt es bei einiger Geschicklichkeit immer, dass die Deckglaskanten mit denen des Objectträgers parallel zu liegen kommen und sich die Einschlussflüssigkeit gleichmässig zwischen den beiden Glasplatten verbreitet, also keine Luftblasen zurückbleiben. Ist das letztere eingetroffen, so hebt man das Deckglas wieder und beginnt auf einem frischen Objectträger die ganze Procedur von neuem. Benutzt man runde Deckgläser, wobei das Verfahren ganz ähnlich ist, so wird man kaum mit zurückgebliebenen Luftbläschen zu kämpfen haben. Wendet man einen grundirten Object-

---

[61]) Dippel l. c. Bd. I, pag. 474.

[62]) Nägeli und Schwendener l. c. pag. 297.

träger an, so legt man das Deckglas auf, wenn der Lackrahmen noch klebrig ist, es haftet dann an diesem und ist vorläufig in seiner Lage fixirt, was für die später vorzunehmende Herstellung des hermetischen Verschlusses höchst angenehm ist.

Ist nun das Auflegen des Deckgläschens gelungen, so hat man sich zunächst mit der Lupe oder dem Simplex zu vergewissern, ob das Object noch in der Mitte des Plättchens befindlich ist, oder ob es etwa die centrale Lage verlassen hat. In letzterem Falle kann man dasselbe durch ein gewöhnliches Haar, welches man mit Daumen und Zeigefinger fasst und zwischen Deckglas und Objectträger schiebt, leicht wieder dahin rücken. Auch gelingt dieses sehr gut vermittels eines ganz feinen Glasfadens, den man durch Ausziehen einer Glasröhre in der Flamme gewinnt.

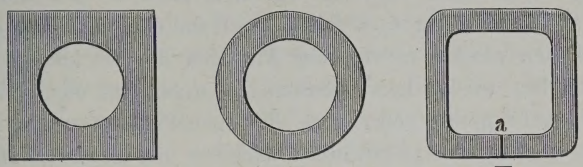
Sehr zarte pflanzenhistologische Präparate, z. B. Schnitte ganz junger Blütentheile, Vegetationspunkte, sind so zart, dass sie durch das Gewicht des Deckglases, zumal wenn dieses obendrein durch das Eintrocknen des Verschlussrahmens [s. u.] einen geringen Druck ausübt, zerstört werden würden. Um dieses zu verhindern, giebt es verschiedene Mittel. Ein bereits von Purkinje [63]) und Hugo v. Mohl [64]) vorgeschlagenes Mittel besteht darin, ganz kleine Wachskügelchen zwischen Objectträger und Deckglas zu legen, denen durch sanften Druck auf letzteres leicht die Höhe des Präparates gegeben werden kann. Dieses Verfahren ist in der That ein ausgezeichnetes; bei äusserst dünnen und zarten Schnitten kann man auch an Stelle der Wachskügelchen kleine Fadenstückchen von Glaswolle legen, denen mit einem Haupthaar die gewünschte Lage gegeben wird.

Sind aber anderseits die Präparate zu voluminös, so muss man auf dem Objectträger einen kleinen Trog bilden, in welchen sie zu liegen kommen und welcher etwa dieselbe Höhe wie sie besitzt. Zu dem Behuf trägt man auf den Objectträger wie beim Grundiren einen eckigen oder runden Lackrahmen auf, dem man nach Trockenwerden durch wiederholtes Auftragen neuer Lacklagen die gewünschte Höhe giebt. Auch kann man statt des Lackes Wachs verwenden, mit welchem, da es sehr schnell erstarrt, der Rahmen in kurzer Frist fertig ist, jedoch ist das Wachs in dicken Lagen immer spröde und verträgt ohne zu reissen schnelle Temperaturwechsel schlecht, weshalb die Lackzellen den Vorzug verdienen.

---

[63]) Purkinje in Wagner's Handbuch der Physiologie. Artikel Mikroskop.
[64]) M. v. Mohl, Mikrographie pag. 328 ff.

Will man aber schnell dauerhafte Tröge darstellen, so bedient man sich am besten der sogenannten Glaszellen. Es sind durchlöcherte Glasplättchen von der Gestalt Figur 85 I, aus Glas von 0·5 bis 1·0 mm Dicke gefertigt und auf der Unterseite mattgeschliffen [65]). Sie werden in derselben Weise, wie wir es unten bei den Schutzleisten be-



85.

schreiben werden, auf den Objectträger geklebt. Man kann sich solche Glaszellen übrigens auch ohne grosse Mühe selbst darstellen. Man lässt in einer Glasschleiferei eine Glasröhre von etwa 12 mm lichter Weite und 3 mm Wandstärke in Ringe von 0·5 bis 1·0 mm. Dicke zersägen. [Fig. 85 II]. Einen solchen klebt man mit Canadabalsam auf ein Glasplättchen und schleift ihn auf der Oberseite mit Hilfe von Schmirgel oder Terpentinöl auf einen Schleifstein eben [cfr. pag. 167 f.]. Darauf wird die aufgeklebte Seite wieder abgelöst, von dem Harz ganz gereinigt, der Ring mit der abgeschliffenen Seite fest geheftet und die andere auf dieselbe Weise mattirt. Noch einfacher stellt man Glaszellen dar, wenn man einen 3 mm breiten, ca. 1·0 mm dicken Glasstreifen von genügender Länge in einer Bunsen'schen Flamme durch Biegen die Form giebt, welche Figur 85 III darstellt, und ihn schliesslich bei *a* aneinander schweisst. Es ist rathsam, die Löthstelle in die Mitte einer Seite zu legen, da nach dem langsamen Erkaltenlassen die gebildete Zelle entweder sofort zerspringt oder dauernd unverändert bleibt. Wird aber die Löthstelle in eine Ecke verlegt, so kann es sich ereignen, dass noch im fertigen Präparat ein Loslassen eintritt.

Beim Einlegen voluminöser Präparate in Lack-, Wachs- oder Glaströge verfährt man folgendermaassen. Man füllt dieselben mit der Einschlussflüssigkeit, z. B. Glycerin völlig an und legt das Präparat ein. Wenn man das Deckglas aufgelegt hat, so fixirt man es an den Ecken mit einem kleinen Wachs- oder Lacktropfen, welchen man erstarren,

---

[65]) Zu haben bei W. P. Stender, Leipzig, das Stück zu 15, 14, 12, 11 und 10 ₰, je nach der Grösse.

respective trocknen lässt. Ist nun an einer Stelle des Deckgläschens etwas Flüssigkeit ausgetreten, so muss sie auf eine der sogleich anzugebenden Weisen entfernt werden, was oft recht schwierig und mühsam ist. Erst wenn das Deckglas wie die Oberfläche der Zelle oder des Troges ganz rein und trocken sind, kann man zum Verschluss schreiten.

Beiläufig erwähnt, empfiehlt sich diese Methode des Einschliessens sehr für schlüpfrige Algen, welche, wenn sie ohne Rahmen oder Zelle eingeschlossen werden sollen, beim Auflegen des Deckglases sofort an seinen Rändern wieder hervorgleiten. So gelang es mir z. B. nur auf diese Weise, Präparate von dem schlüpfrigen Süsswassertang *Batrachospermum moniliforme* zu gewinnen, nachdem alle anderen Versuche, ihn einzuschliessen, fehlgeschlagen waren.

4. Das Einschliessen der Präparate.

Ist das Einlegen der Präparate in die Conservirungsflüssigkeit gelungen, so muss man dazu schreiten, den Rand des Deckglases mit einem Rahmen von Lack zu umgeben, welcher nach dem Trocknen das Deckglas mit dem Objectträger dauernd und fest, sogar hermetisch verbindet [cfr. Figur 83 I, II a. pag. 175]. Bevor wir diese Manipulation beschreiben, wollen wir uns zunächst mit der Natur der dabei gebräuchlichen Verkittungsmassen oder Lacke bekannt machen.

1. Verschlussmittel.

1. Wachs. Man wendet es zweckmässig in Gestalt kleiner Wachskerzchen an, deren Docht man nur momentan anzubrennen braucht, um aus ihm einen kleinen, mit flüssigem Wachs durchtränkten Pinsel herzustellen, vermittels welches man die Wachsrahmen ziehen kann [Welcker].

2. Asphaltlack [Brunswick black]. Derselbe besteht aus einer Auflösung von Asphalt in gleichen Theilen Terpentinöl und Leinöl. Er kann in jeder Droguenhandlung bezogen werden; es sind für Mikroskopirzwecke nur die besten Sorten zu verwenden. Wirklich guter Asphaltlack leistet, trotz der Frey'schen gegentheiligen Behauptung [66]), beim Verschliessen mikroskopischer Präparate die besten Dienste. — Zu steif gewordener Lack wird mit Terpentin verdünnt.

3. Maskenlack. Derselbe ist mir seiner Composition nach

---

[66]) Frey l. c. pag. 142.

nicht näher bekannt, das Lösungsmittel ist Alkohol[67]). Er wurde zuerst von Schacht für unsere Zwecke empfohlen. — Aehnlich scheint auch der Mikroskopirlack von E. Kaiser zu sein, welchen ich aus eigener Erfahrung kenne und empfehlen kann. — Beide Lacksorten werden, wenn sie zu steif geworden sind, mit absolutem Alkohol verdünnt.

3. Schellack- und Siegellackkitte. Eine Vorschrift zur Darstellung sehr brauchbaren Schellackkittes war Herr Dr. O. E. R. Zimmermann so freundlich, mir mitzutheilen: „Man löst guten, braunen Schellack in absolutem Alkohol auf, setzt [viel] Anilingrün zu und filtrirt. Das Filtrat bleibt dann in der Nähe des Ofens [vor Staub geschützt] in einer weithalsigen Flasche solange stehen, bis es sich soweit verdickt hat, dass es, mit dem Pinsel auf Glas gestrichen, nicht mehr läuft, sondern scharfe Contouren bildet. Der betreffende Lack hat das Gute, dass er nie abspringt. Wenn er bis zum völligen Trocknen öfterem Temperaturwechsel ausgesetzt ist, treten zuweilen vereinzelte Runzeln, nie aber Risse auf, die das Object verderben könnten".

Thiersch hat eine ähnliche Vorschrift gegeben[68]), um dünnflüssigeren Schellackkitt darzustellen, welcher zum Verschluss von Balsampräparaten [pag. 182] dienen kann. Dicker brauner Schellackkitt [bereitet durch Auflösen von Schellack in Alkohol] wird bis zur Consistenz eines dünnflüssigen Schleimes abgedampft und mit einer concentrirten Lösung des Anilinblaus oder auch des Gummigutt in absolutem Alkohol gefärbt. Zu 60 g giebt man endlich etwa 2·5 g Ricinusöl, dampft noch ein wenig weiter ab und bewahrt in gutschliessendem Gefässe. Ist die Concentration allmählich eine zu starke geworden, so dienen einige Tropfen von absolutem Alkohol zur Verdünnung.

Poulsen[69]) giebt eine Vorschrift zur Bereitung einer dritten Art Schellackkittes, den er den Gram-Rützou'schen nennt: „50 g Canadabalsam, 50 g Schellack, 50 g Spiritus concentratus und 100 g Aether werden gemischt und zu dicker Syrupconsistenz [im Wasserbade] eingedampft".

An Stelle der Schellackkitte sind häufig alkoholische Lösungen von Siegellack vorgeschlagen worden, wir haben jedoch kein grosses Zutrauen zu ihnen.

---

[67]) Zu beziehen: Lackfabrik von Beseler, Berlin, Schützenstrasse 66 [Lacksorte No. 3]. — Frey l. c. pag. 143. — Dippel l. c. Bd. I, pag. 473.

[68]) Frey l. c. pag. 143.

[69]) Poulsen, Botanisk Mikrokemi. Uebers. pag. 55.

4. Copalfirnis kann im Verein mit Wachs und Asphaltlack zum Einschliessen verwandt werden [s. u.]. Ich bereite denselben auf folgende Weise: 5 g pulverisirter Copal werden in ein Glaskölbchen gebracht und mit 5 cc absolutem Alkohol, 5 cc Terpentinöl und 1 cc Aether übergossen und vorsichtig langsam und gelinde erwärmt, wobei sich der Copal sogleich löst. Man verschliesst das Glas, lässt freiwillig absetzen und giesst den wasserklaren Firnis in ein gut schliessendes Stöpselglas.

5. Dammaralackfirnis, im Verein mit vorigem angewandt, [s. u.] wird folgendermaassen bereitet: Bestes, grobgepulvertes Dammaraharz wird längere Zeit erwärmt, wodurch es seinen Gehalt an Wasser vollständig verliert. Man übergiesst mit der dreifachen Gewichtsmenge Terpentinöl, lässt lösen und decantirt den klaren, farblosen Firnis in ein Stöpselglas.

6. Gold Size, ein von den Engländern vielfach angewandtes Verschlussmittel, wird nach Beale [70]) wie folgt dargestellt: Es werden 25 Theile Leinöl drei Stunden lang gekocht mit 1 Theil Mennige und $^1/_3$ Theil Umber. Die klare Flüssigkeit wird abgegossen, dann langsam und allmählich mit gleichen Theilen wohl zerriebenem Bleiweiss und gelbem Ocker unter beständigem Umrühren versetzt, weiter gekocht, schliesslich abgegossen und zum Gebrauche in einer Flasche aufbewahrt.

Wir übergehen hier alle die zahlreichen Compositionen, welche als Verschlussmittel angegeben worden sind und welche entweder nur von ihren Erfindern angewandt wurden, oder deren Gebrauch allmählich aus der Mode gekommen ist, indem zweckmässigere Verschlussmittel an ihre Stelle traten.

2. Verschluss bei eckigen Deckgläsern.

Es giebt zahlreiche Methoden, den hermetischen Lackverschluss der Dauerpräparate herzustellen; wir können von denselben hier nur einige der wichtigeren besprechen. Alle Methoden setzen vollkommen trockene Glasflächen, sowohl des Deckglases als des Objectträgers voraus.

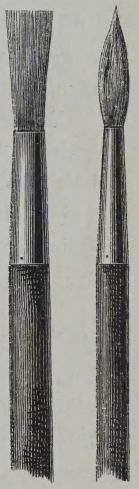
Leicht ereignet es sich, dass beim Einlegen des Objectes in die gewöhnlich verwandte Einschlussflüssigkeit, das Glycerin, ein kleines Tröpfchen des letzteren über den Deckglasrand hervortritt. Dieses lässt sich vermittels eines kleinen Pinsels und Terpentinöl entfernen.

---

[70]) Frey l. c. pag. 142 f.

Man taucht den Pinsel in Terpentin, so dass er mässig feucht ist, und fährt mit demselben möglichst dicht am Deckglasrande vorbei, um den Glycerintropfen fortzuwischen. Dass man hierbei das Deckglas selbst nicht berühren darf, versteht sich von selbst. Ist das Glycerin entfernt, so wäscht man mit einem Pinsel oder einem leinenen Läppchen, welche vorher in Aether getaucht wurden, den Objectträger ganz trocken.

Zur Herstellung der Lackrahmen bedient man sich kleiner Maler- oder Tuschpinsel, von welchen man zwei Sorten [Figur 86, 87] vorräthig hat. Eine breite Form, wie sie in Figur 86 dargestellt ist, dient zur Verfertigung des Rahmens selbst, die andere, Figur 87, findet bei Ausbesserung schadhaft gewordener Rahmen, bei Aufsetzen von Lacktupfen Verwendung. Die Pinsel müssen stets rein sein, nie darf sich zwischen ihren Haaren erhärteter oder dicklich gewordener Lack befinden. Man erreicht dieses dadurch, dass man sie während des Nichtgebrauches in kleine Gläschen tauchen lässt, welche mit dem Lösungsmittel des betreffenden Lackes [Terpentinöl oder Alkohol] theilweis erfüllt sind. Man schiebt ihren Stiel durch eine passende Durchbohrung des Korkstöpsels.



86. 87.

Hat man beim Gebrauch von Glycerin als Einbettungsmittel einen Grundirungsrahmen [pag. 187] gemacht und das Deckglas in den feuchten Rahmen eingedrückt, so ist das Verfertigen des Verschlussrahmens eine leichte Sache. Man wendet dann Asphalt- oder Maskenlack, resp. Zimmermann'schen Schellackkitt von mittlerer Steifheit an und trägt ihn mit dem Pinsel Figur 86 auf. Man hüte sich dabei, den Pinsel zu voll zu nehmen, da alsdann der Rahmen breiter ausfällt als man wünscht. Man führt, an einer Ecke des Deckgläschens beginnend, den Pinsel um den Rand desselben, dergestalt, dass der entstehende Lackrahmen mit seiner halben Breite über die Ränder des Deckglases greift, mit der anderen Hälfte der Oberfläche der Objectträgers aufliegt. Der Lack vereinigt sich, wenn man den Pinsel nicht zu schnell führt, ganz gleichmässig mit dem Grundirungsrahmen ohne Zurücklassen von Luftblasen. Man lässt den Lackrahmen nun einige Tage trocknen. Dann untersucht man denselben genau, wenn nöthig mit der Lupe, ob sich etwa irgendwo Risse eingestellt haben oder ob etwa an einer Stelle ein kleines, kugeliges Glycerintröpfchen ausgetreten sein sollte. Ist letzteres der Fall, so entfernt man es mit dem Terpentinpinsel und verstreicht die Oeffnung mit steiferem Lack. Ist der erste

Rahmen ganz dicht, so wird ein zweiter von etwas dünnflüssigerem Lack aufgetragen, welcher mit seinen Rändern ein wenig über die des ersten greift. Nach Verlauf von 14 Tagen schreitet man dazu, den letzten, breitesten Rahmen aus noch dünnflüssigerem Lack über diesen zweiten zu tragen, womit der Verschluss dauernd haltbar bewerkstelligt sein dürfte.

Hat man keinen Grundirungsrahmen untergelegt, so muss man den Verschluss bei Glycerinpräparaten etwas anders ausführen. Man betupft dann die vier Ecken des freiliegenden Deckglases vermittels eines spitzen Pinsels [Figur 87] mit vier Hügelchen steifen Lackes und lässt dieselben trocknen, wodurch das Deckglas fixirt ist. Nun werden die Lackrahmen in derselben Weise wie vorhin ausgeführt, nur muss man zum ersten Rahmen viel strengflüssigeren Lack verwenden. Man würde sonst nur zu oft die Erfahrung machen können, dass der Lack, sobald er nicht die gehörige Steifheit besitzt, sich unter das Deckglas zieht und das ganze Präparat verdirbt.

Es mag hier ausdrücklich bemerkt werden, dass das wiederholte Auftragen von Lackrahmen durchaus nothwendig ist. Der erste Rahmen erhält beim Trocknen stets mikroskopisch kleine Risse, welche, wenn sie nicht durch mehrfaches Ueberstreichen zugedeckt werden, sich allmählich vergrössern, den Verschluss lockern und das Präparat der Zerstörung aussetzen. —

Eine andere Methode des Verschliessens ist die, den ersten Rahmen nicht von Lack, sondern von Wachs zu nehmen. Man stellt ihn mit einem Wachskerzchen dar, dessen Docht man über der Flamme erwärmt hatte und der alsdann mit flüssigem Wachs getränkt ist. Da der Rahmen sofort erstarrt, kann man unmittelbar den zweiten [Lackrahmen] darüber legen[71]). — Die auf diese Weise dargestellten Präparate sind nur in dem Falle haltbar, wenn der Wachsrahmen sehr dünn war, und auch dann hat man häufig noch Verluste zu beklagen. Ich überstreiche daher den Wachsrahmen mit einem solchen von Copalfirnis [cfr. pag. 192], welcher sehr schnell trocknet, und lasse diesem einen dritten von Dammaralackfirnis folgen. Dieser Rahmen trocknet äusserst langsam, ist aber sehr haltbar und bekommt keine Risse. Erst nach seinem Austrocknen lege ich in verschiedenen Intervallen die drei Asphalt-Lackrahmen auf. Präparate, welche auf diese Weise von mir dargestellt wurden, sind ausnahmslos jahrelang unverändert geblieben.

Auch die Balsam- und Gelatinepräparate umgiebt man

---

[71]) Cfr. Dippel l. c. pag. 478 f.

zweckmässig mit einem einfachen oder doppelten Rahmen von Asphaltlack, bei ersteren kann man auch den Schellackkitt von Thiersch [cfr. pag. 191] verwenden, nachdem man das Präparat vorher mit einem Rahmen von in Chloroform gelöstem Canadabalsam [72]) umgeben hatte. —

Welche der soeben beschriebenen Methoden man auch anwenden möge, die Rahmen dürfen nie eine gewisse Breite [3, höchstens 5 mm] überschreiten. Mit ganz breiten, unregelmässigen Rahmen ist gar nichts gedient, im Gegentheil, sie sind dem Reissen viel leichter ausgesetzt als schmale, abgesehen davon, dass sie dem Präparat ein hässliches Aeusseres verleihen.

3. Verschluss bei runden Deckgläsern.

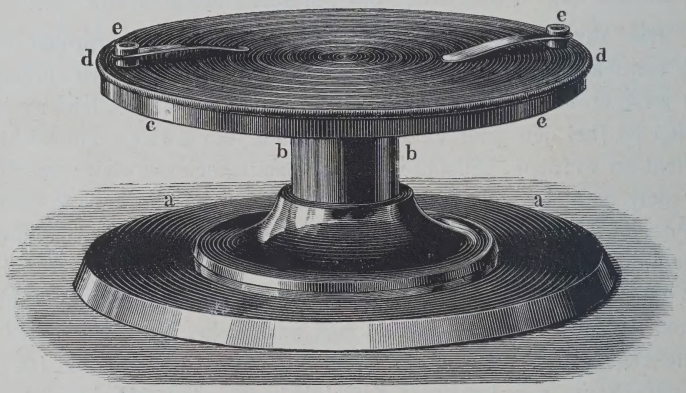
Die Anwendung der runden Deckgläser bei Dauerpräparaten ist sehr empfehlenswerth, sie sind in vielen Fällen den eckigen vorzuziehen und zwar erstens deshalb, weil bei ihnen der Verschluss leichter herzustellen ist [bei den anderen pflegen gerade die Ecken am leichtesten undicht zu werden], sodann weil der Lackverschluss viel weniger Zeit erfordert, endlich — obgleich dies erst in zweiter Linie in Frage kommen kann — weil dadurch die Präparate ein viel eleganteres Aeusseres erhalten. Es ist wahr, dass das Einschliessen mit runden Deckgläsern erst gelernt sein will, da es die Handhabung eines allerdings sehr einfachen Apparates voraussetzt, es mag auch sein, dass die ersten Versuche regelmässig misslingen, allein die ganze Manipulation ist, wenn einmal erlernt, geradezu eine Kleinigkeit und Augenblickssache. Der hierbei anzuwendende Apparat ist der sogenannte Drehtisch, turntable der Engländer. Figur 88 stellt einen solchen in etwas mehr als $^2/_3$ der natürlichen Grösse dar. Er besteht aus einem schweren, mit Blei ausgegossenen Messingfusse *aa*, welcher sich nach oben in den massiven Messingcylinder *bb* fortsetzt. Dieser besitzt im Centrum eine der Länge nach verlaufende, genau cylindrische Durchbohrung, welche am unteren Ende ein conisches Zapfenlager trägt. In diesem Zapfenlager ruht eine stählerne Verticalachse, deren Führung der genannte Hohlcylinder darstellt. Fest mit der in der Abbildung nicht sichtbaren Verticalachse ist die schwere horizontale Messingplatte *cc* verbunden; sie kann also durch Anschlagen leicht in rasche Rotation versetzt werden. Ihre ebene Oberfläche trägt eine Anzahl concentrischer Kreise, um das auf derselben vermittels der Stahlklammern *dd* zu fixirende Präparat centriren zu können. Eine recht praktische Modification dieses Drehtisches ist von

[72]) Frey l. c. pag. 143.

Frey [73]) vorgeschlagen worden, deren Abbildung wir nach dem genannten Autor in Figur 89 geben.

Die Procedur des Verschliessens mit Hilfe des Drehtisches ist im ganzen dieselbe wie die mit freier Hand, nur dass man hier den Wachsrahmen unter jeder Bedingung vermeiden muss. Man hat ziemlich dünnflüssigen Lack zu verwenden, ferner einen möglichst kleinen, spitzen Pinsel [Figur 87].

Angenommen, man habe auf dem Objectträger ein Präparat in Glycerin eingebracht und ein rundes Deckglas aufgelegt, die Menge des Glycerins war so abgemessen, dass nicht die geringste Spur über die

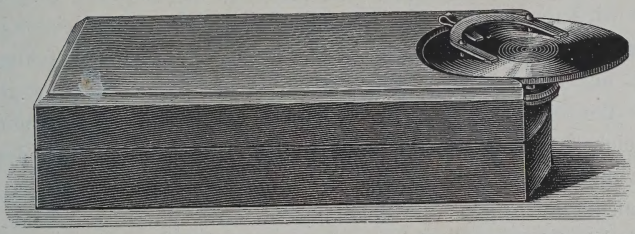


88.

Ränder des Deckglases getreten ist. Man bringt nun an drei oder vier Stellen des Deckglases kleine Tupfen von dickflüssigem Lack an, um es zu fixiren, wie es oben pag. 194 bereits beschrieben wurde. Sind diese trocken geworden, so spannt man den Objectträger unter die Klammern des Drehtisches und centrirt das Deckglas auf dem Tische. Ob die Centrirung wirklich gelungen ist, erkennt man leicht, wenn man einen spitzen Gegenstand, etwa eine Präparirnadel, dicht über den Deckglasrand hält und den Tisch einmal langsam rotiren lässt. War die Centrirung eine vollständige, so gleiten alle Stellen des Deckglasrandes unter der Nadel durch. Nun kann man zur Verfertigung des ersten Lackrahmens schreiten. Man füllt den kleinen Pinsel mit nicht zu viel Asphaltlack [dieser darf keinen hängenden Tropfen an ihm bilden], hält den Pinsel in senkrechter Richtung dicht über den Rand des Deck-

[73]) l. c. pag. 142.

glases und setzt den Drehtisch in langsame Bewegung. Alsdann senkt man den Pinsel plötzlich aber sanft nieder, um ihn im nächsten Augenblick wieder zu heben: der Lackrahmen ist fertig. Von der Sicherheit dieser Bewegung hängt das Gelingen des Rahmens allein ab, und diese Sicherheit kann man sich leicht aneignen. Auch habe man, um dies nochmals hervorzuheben, stets Acht darauf, nie einen grossen Ueberschuss von Lack in den Pinsel zu nehmen, da man sonst schwerlich gleichmässige und überall gleichbreite Ringe erzielen wird. Zweiter und dritter Rahmen werden, jeder etwas breiter als der vorhergehende, in der gleichen Weise über den ersten gelegt. — Hatte man einen Objectträger mit einem Grundirungsrahmen verwandt, so ist der Verschluss noch viel einfacher, da man dann die Lacktupfen sparen kann und ein Austreten von Glycerin kaum zu befürchten ist. Die Breite des letzten



89.

Rahmens wird höchstens 4 mm zu betragen brauchen, Verfasser hat aber auch zahlreiche, seit Jahren unverändert gebliebene Präparate angefertigt, deren letzter Lackring bei 18 mm Durchmesser noch nicht 2 mm breit ist.

Mögen übrigens die verschliessenden Rahmen noch so dauerhaft und mit noch so viel Geschick hergestellt sein, nach Jahren wird das eine oder andere Präparat doch stellenweis undicht werden. Hat man aber auf seine Präparatensammlung Acht und bessert alle Schäden, welche man bei einer Durchsicht entdeckt, sofort wieder aus, so wird man selten oder nie Verluste zu beklagen haben.

5. Schutzleisten und Etiquetten.

A. Schutzleisten. Wenn man fertige Präparate auch nach vollständigem Trocknen des Lackes ohne Zwischenlagen auf einander schichten wollte, so würden die Lackrahmen einem Drucke ausgesetzt sein und mit der Zeit beschädigt werden. Um dieses zu verhindern,

wendet man sogenannte Schutzleisten an, d. h. schmale Leisten von Glas [74]) oder Pappe, welche rechts und links vom Deckglase quer über den Objectträger geklebt werden [*a a* Figur 83 III, a. pag. 175] und welche dicker sind als der Lackrahmen [*r r*] hoch ist. Um dieselben auf dem Glase zu fixiren, sind verschiedene Klebmittel vorgeschlagen worden.

Gummi arabicum in dickflüssiger Lösung dürfte höchstens bei Schutzleisten von Pappe Anwendung finden können. Es haftet vielleicht einige Zeit, aber nicht dauernd. Wasserglas ist das schlechteste aller vorgeschlagenen Klebmittel. Die Schutzleisten springen häufig ohne die geringste Berührung ab, zumal bei Temperaturwechsel. Hingegen lässt sich Canadabalsam für Schutzleisten von Glas und Pappe verwenden. Er wird in dünner Schicht aufgetragen und der Objectträger etwas erwärmt. Der überschüssige an den Rändern vorgetretene Balsam wird abgekratzt. Als bestes Bindemittel für Schutzleisten können wir mit Nägeli und Schwendener [75]) den Seeleim empfehlen. Er besteht aus einer Lösung von Schellack und Kautschuk in gleichen Theilen Benzol oder Terpentinöl. Man erwärmt das Gemisch und trägt es sogleich auf. Der Seeleim verdient vor dem Canadabalsam den Vorzug, da er vollständig trocknet.

Man kann übrigens die Schutzleisten auch ganz vermeiden durch passende Einrichtung der Präparatenkästen, wie sie sogleich beschrieben werden soll. Ueberhaupt stören sie die Betrachtung des Präparates, weil sie, wie Dippel [76]) mit Recht hervorhebt, das Einstellen des Objectivsystems erschweren, da sie bei gewöhnlicher Lage des Objectträgers auf dem Mikroskoptische den Raum über dem Deckglase theilweise verdecken, was bei starken Vergrösserungen sehr hinderlich werden kann. Wir haben daher den Schutzleisten schon längst den Abschied gegeben.

B. Etiquetten [77]). Jedes Präparat, mag es Schutzleisten haben oder nicht, muss sorgfältig etiquettirt werden, um leicht aufgefunden und identificirt werden zu können. Die Etiquetten von Papier haben eine rechteckige Gestalt, etwa wie in Figur 83 I, II, IV [pag. 175] oder in Figur 81 [pag. 171], oder wie sie sonst dem Geschmacke des Präparators conveniren mögen. Sie werden mit dickflüssigem Gummi ara-

---

[74]) Stender in Leipzig liefert folgende Grössen: 25 × 9 mm und 26 × 3 mm.
[75]) Nägeli und Schwendener l. c. pag. 281.
[76]) Dippel l. c. Bd. I, pag. 487.
[77]) Man vergl. auch die Bemerkungen von Conwentz a. pag. 171.

bicum oder besser mit einer Lösung von braunem Schellack in absolutem Alkohol festgeheftet. Mit letzterem Klebmittel kann man auch die ganze Oberseite der beschriebenen Etiquette überstreichen, wodurch die Schrift unauslöschlich wird. Wer eine umfangreiche Sammlung mikroskopischer Präparate anlegt, wählt zur besseren Orientirung Etiquetten verschiedener Farbe und verwendet die einzelnen Farben für ganz bestimmte Gruppen von Präparaten, z. B. weiss, Anatomie der Vegetationsorgane von Phanerogamen; blau, Blütenanatomie; grün, Gefässkryptogamen; roth, Algen etc. etc.

Die Aufschrift auf den Etiquetten, von denen jedes Präparat zwei erhält, soll folgende Punkte umfassen:

1. Namen der Pflanze, der das Präparat entstammt [z. B. *Prunus avium*],
2. Den präparirten Pflanzentheil [*Stengel*],
3. Art des Schnittes [*Querschnitt*],
4. Art der Zubereitung [*Anilintinction*],
5. Angabe der Einschlussflüssigkeit [*Glycerin*],
6. Tag der Anfertigung des Präparates [5. III. 79].

Die Punkte 1 bis 3 kommen auf die linke Etiquette, 4 bis 6 auf die rechte, also [für englische Objectträger]:

Linke Etiquette.

Prunus avium
Stengel
Querschnitt

Rechte Etiquette.

Anilin-
tinction
Glycerin
5. III. 79.

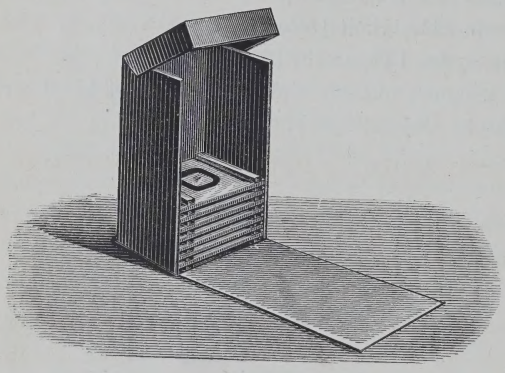
Ausser dieser Etiquettirung ritze man auf der Unterseite des Objectträgers mit einem Schreibdiamanten noch ein Zeichen, etwa die Katalognummer ein, um das Präparat auch in dem Falle identificiren zu können, falls zufällig die linke Etiquette sich abgelöst haben sollte [cfr. pag. 171].

6. Aufbewahrung der Dauerpräparate.

Die fertigen Präparate werden in Kästen oder Etuis aufbewahrt, die so eingerichtet sind, dass die Präparate möglichst compendiös neben einander ruhen. Die Präparatenkästen [Präparatencartons] sollten folgende Bedingungen erfüllen: Sie müssen durch dichten Verschluss die Präparate vor Staub schützen, sie müssen das Hin- und Her-

rutschen derselben verhindern, sie müssen eine horizontale Lage des Objectträgers möglich machen, sie müssen, wenn man keine Schutzleisten anwendet, eine gegenseitige Berührung der Präparate ausschliessen, sie müssen ein leichtes Auffinden des Gewünschten gestatten und sie müssen schliesslich auch die Versendung der Präparate ermöglichen.

Den Kästen für die Präparate mit Schutzleisten kann man ganz passend die Form geben, welche in Figur 90 abgebildet ist. Die Vorderwand ist am Grunde charnierartig mit dem Boden verbunden, so dass sie, nachdem der Deckel gehoben wurde, nach unten aufgeklappt werden kann, während sie den Kasten vollständig schliesst, wenn der Deckel mit seinem breiten, vorderen Rande über sie fasst. Die Präparate werden in den Innenraum einfach auf einander geschichtet, wie es die Abbildung zeigt, bis der Kasten ganz angefüllt ist. Man muss natürlich, wenn man ein unteres Präparat herausnehmen will, alle darüberliegenden vorher abheben. Die Kästen, die eine Höhe von etwa 10 cm haben mögen, erhalten eine Signatur auf den Deckel, welche die Inhaltsangabe im allgemeinen trägt [z. B. Anatomie des Stengels, Entwicklungsgeschichte der Blüte etc.]. Eine Anzahl derselben wird in einem grösseren Kasten von Holz oder starker Pappe neben einander aufgestellt, so dass sie schliesslich diesen Kasten vollständig und ohne Zwischenlücke erfüllen. Dieser ist seinerseits mit einem gut schliessenden Deckel zu versehen.

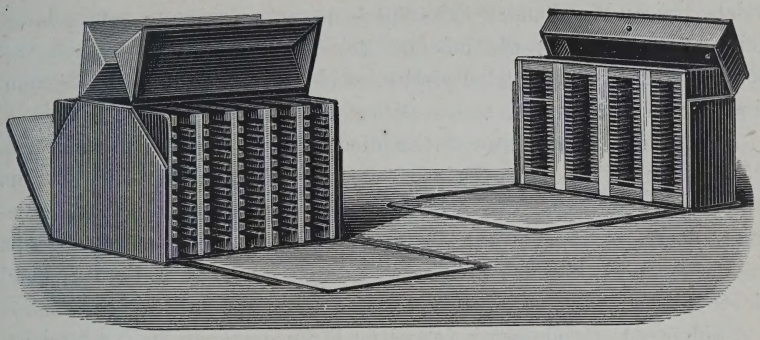


90.

Eine handliche Form für Kästen zum Aufbewahren von Präparaten ohne Schutzleisten ist zuerst von Dippel[78]) angegeben worden. Neuerlich werden von der Firma Theodor Schröter in Leipzig [grosse Windmühlenstrasse 37] derartige Präparatenkästen in allen erdenklichen Formen, in Buch-, Etui-, Schrank- und Tafelform, und in jeder Grösse geliefert. Bei denselben sind die Wände mit gekerbten

[78]) Dippel l. c. Bd. I, pag. 487.

Zahnleisten versehen, in denen die Präparate gesondert von einander ruhen. Wir bilden in Figur 91 und 92 zwei Formen der Schröter'schen



91. 92.

Präparatenkästen [bezeichnet als *F* und *G*] ab, welche uns die empfehlenswerthesten scheinen. Eine nähere Beschreibung derselben dürfte überflüssig sein. [Cfr. auch pag. 171—173].

8. Beobachtungspräparate lebender Organismen.

Es giebt zahlreiche Objecte, welche man im lebenden Zustande unter dem Mikroskop betrachten kann, wie z. B. mikroskopische Algen und Pilze. Manche von diesen wird man häufig auch eine längere Zeit hindurch zu beobachten wünschen, um ihren Entwicklungsgang, die Art ihrer Fortpflanzung zu erforschen. Für diesen Zweck ist ein einfacher Objectträger, unter dem das Präparat mit einem Deckglase bedeckt liegt, wenig geeignet. Denn das zwischen den Gläsern befindliche Wasser verdunstet schnell; man ist genöthigt, häufig am Deckglasrande einen neuen Tropfen zuzufügen; allmählich wird die Flüssigkeit einen bedeutenden Procentsatz von mineralischen Stoffen in Lösung enthalten, da diese ja nicht mit verdunsten. Das zu beobachtende Object ist also bald in ganz abnorme Verhältnisse gebracht, in welchen sich der Lebensprocess nicht in normaler Weise abzuspielen pflegt.

Man hat deshalb schon seit langer Zeit Vorrichtungen construirt, welche das Verdunsten des Wassers verhindern oder verlangsamen sollen; die gebräuchlichsten sind die folgenden:

Den älteren Mikroskopen lagen gewöhnlich zwei kleine, runde, auf einander schraubbare Messingrahmen bei, zwischen welche zwei Glas-

plättchen gelegt und durch Zuschrauben des Rahmens auf einander gepresst wurden. Die untere Glasplatte war etwas concav ausgeschliffen, sie konnte also einen Wassertropfen mitsammt dem Object aufnehmen, welcher, wenn die Ränder der Plättchen gut aufgepasst waren, lange Zeit der Verdunstung widerstand. Bei den älteren Instrumenten von Schieck hat der Apparat beispielsweise einen Durchmesser von 28 mm, eine Höhe von 9 mm.

Zu einem ähnlichen Zwecke dienen auch Objectträger von ca. 1·5 mm Dicke, die einen kleinen concaven Anschliff von etwa 13 mm Durchmesser besitzen. In der Neuzeit werden sie auch dahin abgeändert, dass man dem sehr dicken [ca. 3·5 mm] Objectträger einen ringförmigen, etwa 3 mm breiten und ebenso tiefen Ausschnitt [Kehle] giebt[79]).

Unter der Bezeichnung feuchte Kammer hat man zahlreiche, zum Theil recht umständliche Apparate construirt, die dem erwähnten Verdunsten der Flüssigkeit Einhalt thun sollen. Frey[80]) beschreibt, um ein Beispiel anzuführen, einen solchen von Recklinghausen erfundenen Apparat, der sehr zweckmässig sein soll: „Der geschliffene, etwas grosse Objectträger trägt in gewöhnlicher Weise den Gegenstand. In einiger Entfernung von ihm berührt der abgeschliffene Unterrand eines Glasringes [welchen man nach Umständen höher nehmen kann] die Platte. Ueber den Ring ist möglichst fest ein aus dünnem Kautschuk bestehender Beutel gebunden. Die Oeffnung desselben umfasst, von einer kleinen Ringschnur von Kautschuk gehalten, die Hülse des Mikroskops [oder dessen Röhre]. Um den so abgesperrten Binnenraum mit Feuchtigkeit gesättigt zu erhalten, lege man der Innenfläche des Glasringes zwei mit Flüssigkeit getränkte Streifen von Hollundermark oder Löschpapier an, und umgebe äusserlich den Unterrand des Ringes noch mit einigen Bäuschchen nassen Löschpapiers“.

Alle bis jetzt beschriebenen Apparate zur Beobachtung lebender Objecte sind nicht nur unzweckmässig, sondern in den meisten Fällen auch geradezu zu verwerfen. Denn das Object ist bei ihnen zwischen zwei Glasplatten eingepfercht; es befindet sich an einem Orte, wohin die Luft keinen oder nur sehr beschränkten Zutritt hat; kurz der Gegenstand vegetirt in ihnen nicht unter normalen Verhältnissen.

Eine aus der ersten Rücksicht seit längerer Zeit bei „Culturen“

---

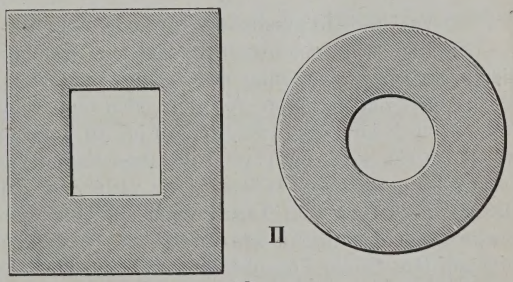
[79]) Beide Sorten sind zu haben bei W. P. Stender, Leipzig; die erste kostet 10 ℳ, die letzte 100 ℳ das Stück.

[80]) Frey, Das Mikroskop, pag. 64.

angewandte Beobachtungsmethode ist die im hängenden oder suspendirten Tropfen. Sie besteht in Folgendem: Auf einem Objectträger wird ein ziemlich hoher Rahmen aus Wachs von solcher Gestalt und Grösse aufgetragen, dass ein zu verwendendes Deckgläschen bequem auf ihm liegen kann. Auf das Deckgläschen wird ein nicht zu kleiner Wassertropfen gebracht, das Object hineingethan und das Gläschen schnell umgekehrt, so dass der Tropfen an der Unterseite desselben eine hängende Stellung einnimmt. Man legt es nun auf besagten Wachsrahmen und bringt die Vorrichtung unter das Mikroskop.

Aber auch dieses Instrumentchen leidet an dem Uebelstande, dass der hängende Tropfen bald eintrocknet und ferner hat auch die atmosphärische Luft nur gehinderten Zutritt zu demselben. Alle diese Uebelstände werden vermieden durch den folgenden Apparat [der den Namen Apparat eigentlich gar nicht verdient]; er vereinigt in sich die Vorrichtung des hängenden Tropfens mit einer ventilirten feuchten Kammer. Die Idee zu demselben verdanken wir Strasburger[81]).

Man schneidet aus gewöhnlicher gelber, starkfaseriger Pappe einige Rahmen, die in der Mitte einen Ausschnitt besitzen, welcher etwas kleiner ist als das Deckgläschen [Figur 93, I etwa für quadratische Deckgläser von 18 mm Seitenlänge, II für runde von 15 mm Durchmesser]. Die Pappestückchen werden in ein Schälchen mit Wasser gelegt; nachdem sie sich ganz vollgesogen haben, lässt man sie abtropfen und schichtet zwei bis drei derselben lose auf einen nicht zu kleinen Objectträger [z. B. 68 × 34 mm] über einander. Dann bringt man an das Deckgläschen einen hängenden Tropfen mit dem Object und legt dasselbe über die mittlere Oeffnung der Rahmen. Die Vorrichtung ist fertig. — Ich habe in einem solchen, frei liegenden Apparat einen hängenden Tropfen vierzehn Tage lang unverändert erhalten, indem ich jeden Abend mit der Spritzflasche einen Tropfen Wasser seitlich an die Papperahmen brachte. Mit Hilfe dieser feuchten Kammer gelingt es z. B. im Früh-



93.

[81]) Strasburger, Befruchtung u. Zelltheilung. Jena 1878, pag. 5.

jahr leicht, die Zygoten-Bildung bei *Spirogyra* zu beobachten [82]), während es mit den oben beschriebenen Vorrichtungen meistens misslingt. Ich habe den Apparat ferner erfolgreich bei Pollenschlauchculturen in 5 bis 30 proc. Zuckerwasserlösung, Nectar- und Narbenflüssigkeit verwandt [83]).

Zur Beobachtung kleiner Organismen bei Luftabschluss oder in einer Kohlensäure-, Sauerstoffatmosphäre etc. hat Geissler eine eigenthümlich gestaltete, feuchte Kammer construirt [84]). Dieselbe besteht aus einer Glasröhre, welche sich in der Mitte zu einem glatten, scheibenförmigen Hohlraume erweitert. Ober- und Unterwand der hohlen Scheibe liegen im Centrum sehr dicht über einander und sind hier von Deckglasdicke. Zwischen dieselbe wird der Culturtropfen gebracht. Die Glasröhre gestattet, ihn mit einem continuirlichen Luftstrom einer gewünschten Gasart zu umgeben. Dieser Apparat empfiehlt sich zur Cultur von Pilzsporen u. dergl. Eine Modification der Geissler'schen feuchten Kammer ist kürzlich von Brefeld [85]) angegeben worden.

9. Das Zeichnen mikroskopischer Präparate.

Bereits in der Einleitung zu diesem Werke [pag. 11 ff.] haben wir darauf hingewiesen, wie wichtig es ist, die mikroskopischen Bilder durch Abzeichnen dauernd zu fixiren. Später haben wir dann auch einige Apparate kennen gelernt [pag. 81 ff.], welche gestatten, das Bild durch Reflexionsvorrichtungen auf ein neben dem Mikroskope liegendes Papier-

---

[82]) Vgl. auch Strasburger, l. c. pag. 5 ff.

[83]) Man sehe auch Strasburger, l. c. pag. 15—25, vorzüglich pag. 16. Hier heisst es bei der Cultur des Pollens von *Pinus Pumilio*: „Durch Ueberhandnehmen von Bacterien, von Hefezellen und Schimmelpilzen gehen aber die Culturen auch hier nach spätestens 8 bis 10 Tagen zu Grunde. Am längsten erhielt ich sie, wenn ich Thymol in tausendfacher Verdünnung der 10—30 proc. Zuckerlösung zusetzte. Dieser Zusatz verhindert zunächst auch die Schlauchbildung; nach etwa zwei Tagen, wenn ein Theil des Thymols verflüchtigt war, pflegte jedoch diese wieder einzutreten [Salicylsäure in tausendfacher Verdünnung tödtete die Pollenkörner], während die Vermehrung der zugleich mit den Pollenkörnern eingeführten niederen Organismen noch für mehrere Tage aufgehalten wurde".

[84]) Nägeli und Schwendener, Das Mikroskop, pag. 275.

[85]) Oscar Brefeld, Culturmethoden zur Untersuchung der Pilze [in: Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. Untersuchungen aus dem Gesammtgebiete der Mykologie. Heft IV, 1881, pag. 1—35]. — Vergl. auch Hansen, Chambre humide pour la culture des organismes microscopiques. Avec deux figures dans le texte. [Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet, pag. 184—186, Kjöbenhavn 1881].

stück zu werfen, so dass die Zeichnung also durch einfaches Nachziehen der Umrisse geschehen kann.

An diesem Orte ist es unsere Aufgabe, die Anwendung der verschiedenen Hilfsmittel und Hilfsapparate beim mikroskopischen Zeichnen zu besprechen, ferner die dabei zu verwendenden Materialien, endlich die hauptsächlichsten Methoden zur Ausführung der Darstellungen.

1. Hilfsmittel für das mikroskopische Zeichnen.

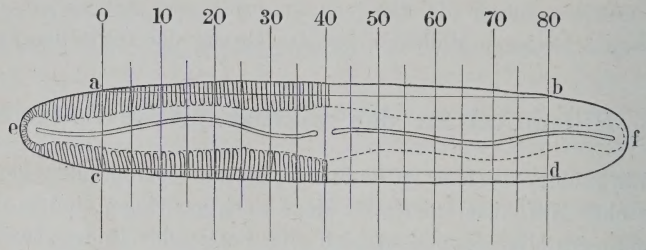
Ein geübter Zeichner ist im Stande, die einfacheren mikroskopischen Bilder ohne Hilfsmittel aus freier Hand nachzuzeichnen, indem er dann und wann ins Mikroskop sieht, sich eine Partie des Bildes merkt, dieselbe zu Papier bringt und controllirt, ob sie der Natur vollständig entsprechend ausgefallen ist, worauf die daranstossende Partie in Arbeit genommen wird u. s. f. Diese Art des Zeichnens hat das unbedingte Gute für sich, dass man bei ihrer Anwendung gezwungen ist, das Bild bezüglich seiner Gestalt und seiner respectiven Verhältnisse sehr genau zu betrachten. Wenn ein gewandter Zeichner diese Art der Ausführung übt, so kann er bei Anwendung derselben seinen Zeichnungen eine grosse Vollkommenheit geben. Aber dieses Capitel ist weniger für im Zeichnen Geübte geschrieben, als vielmehr für Diejenigen, die in dieser Kunst wenig oder nicht bewandert sind, und so wollen wir denn hier diejenigen Methoden besprechen, die den letzteren die graphischen Darstellungen erleichtern.

Dem Ungeübten fällt es zunächst schwer, die grossen Dimensionen des Gesichtsfeldes mit den kleinen des Objectes in Proportion zu bringen, ferner die Entfernungen der Details des Objectes richtig abzuschätzen und richtig zu fixiren. Diesen Uebelständen begegnet man durch folgende Hilfsmittel.

a. Kleine Objecte, welche vorwiegend nach einer Dimension entwickelt sind, z. B. Diatomeen und andere Algen lassen sich sehr leicht unter Zuhilfenahme des gewöhnlichen Ocularmikrometers [pag. 96] zeichnen. Diese Methode gestattet zugleich, den Gegenstand genau in der Grösse wiederzugeben, unter welcher er bei einer bestimmten Vergrösserung erscheint. An einem Beispiele wird die Methode sofort klar werden.

Ich habe eine Diatomee, *Pinnularia viridis* Rabenh. zu zeichnen, und zwar bei einer Vergrösserung von 600 [Figur 94]. Ich weiss, dass meine Mikrometerscala 4 mm in je 20 Theile getheilt enthält, und dass bezüglich meiner Vergrösserung 600 diese Länge = 0·1 mm ist;

die Scala des Mikrometers muss also bei 600facher Vergrösserung 60 mm lang erscheinen[86]). Ich zeichne die Scala in dieser Länge auf ein Stück Papier [Figur 94], theile die ganze Strecke in 8 gleiche Theile



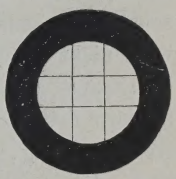
94.

[= 7·5 mm] und diese in Hälften. Die langen Striche [0, 10, 20 . . .] entsprechen je 10 Theilen des Mikrometers, die dazwischen stehenden kürzeren je 5 Theilen desselben. Man kann in diesem Falle darauf verzichten, die Einertheilstriche [von der Länge *ac*, *bd*] anzugeben, da man sie zum Zeichnen nicht nöthig hat. — Ich habe schon vorher durch Messung gefunden, dass das Exemplar der *Pinnularia*, welches ich zeichnen will, 0·137 mm lang ist, also muss es unter 600facher Vergrösserung die Länge von 82 mm erhalten. Danach kann ich die Lage der Punkte *e* und *f* mit dem Millimeterstabe leicht bestimmen. Ich bringe nun das mikroskopische Bild und die Scala des im Ocular befindlichen Mikrometers in Decklage genau so wie sie in Figur 95 abgebildet ist. Jetzt kann ich auf meine 600fach vergrösserte Zeichnung der Scala leicht die Umrisse der Diatomee auftragen und die gegenseitige Lage ihrer einzelnen Theile mit grosser Genauigkeit fixiren. So entsprechen z. B. je drei Querbalken der *Pinnularia* einen Fünfertheilstrich der Scala; die im Mittelpunkte unterbrochene Mittellinie [vgl. pag. 48] lässt hier einen Raum von 3 Theilstrichen zwischen ihren beiden Hälften frei etc. Die gegenseitigen Grössenverhältnisse des Bildes müssen auf diese Weise der Wirklichkeit genau entsprechend werden, da man sie wie bei einer Landkarte in ein construirtes Netz einträgt. Diese Art des Zeichnens ist bei Diatomeen mit sehr zarter Schalenstructur sogar der mit der Camera lucida vorzuziehen, da das Reflexionsbild der letzteren die zarten Zeichnungen nur schwierig und undeutlich erkennen lässt.

---

[86]) Dieser Werth ist natürlich für jedes Mikroskop und für jede Vergrösserung ein anderer.

b. Beim Zeichnen von solchen Bildern, welche sich ziemlich gleichmässig über das Gesichtsfeld erstrecken, ist die Zuhilfenahme der Mikrometerscala wenig zweckmässig. Hier erleichtert man sich das Zeichnen aus freier Hand, wenn man ein Ocular anwendet, in dessen Blende sich ein Fadenkreuz befindet, durch welches das Gesichtsfeld in vier Quadranten getheilt wird. Noch besser freilich ist ein solches mit einem Doppelkreuz von der Gestalt in Figur 95. Da diese käuflich nur selten zu haben sind, so mag hier kurz angedeutet werden wie man sie sich darstellen kann. Man lässt sich einen dünnen, kreisförmigen Messingrahmen etwa von der Grösse Figur 95 anfertigen, welcher von oben willig in die Ocularröhre hineinpasst. Auf diesen soll das Fadenkreuz befestigt werden, welches man bei schwach vergrössernden Ocularen aus sehr feinen Glasfäden, die man vor der Gebläselampe auszieht, oder aus menschlichen Haaren, die vorher durch Kochen in Alkohol entfettet wurden, herstellt. Bei stark vergrössernden Ocularen macht man das Fadenkreuz aus Spinnegewebe-Fäden; die Herstellung aus letzteren ist keineswegs so sehr schwierig als man gewöhnlich annimmt, nur muss man — auch wenn man das Fadenkreuz aus einem Haar darstellt — das Einspannen nicht bei zu trockener Luft vornehmen, da sonst die Fäden wegen ihrer Hygroskopicität später schlaff werden. Man zeichnet die oben erwähnten Metallrahmen an den Stellen, wo die Fäden demselben aufliegen sollen, tupft hier ein Tröpfchen Wachs auf, presst den Faden ein und drückt ihn, indem man ihn an seinem anderen Ende mit der Pincette etwas spannt, in einen gleichen Wachstupfen auf der gegenüber liegenden Seite des Rahmens, der vorher zur Erweichung des Wachses etwas angewärmt war. Ist das Fadenkreuz fertig, so bestreicht man die Unterseite des Rahmens mit Canadabalsam, lässt ihn vorsichtig in der Ocularröhre hinab und drückt ihn sanft auf den Blendrahmen, woselbst er aufklebt. Nach Trockenwerden des Canadabalsams wird das Oculargläs aufgeschraubt und in der Folge möglichst wenig abgenommen.



95.

Will man aber das Fadenkreuz ganz vermeiden, so kann man sich auch folgende Vorrichtung leicht selbst anfertigen, welche demselben Zwecke dient. Auf ein Glasplättchen heftet man mit Wachs ein rundes Deckglas von 15 bis 18 mm Durchmesser und überzieht dasselbe mit einer dünnen Schicht von Kupferstecherfirnis [87]). Mit Hilfe einer scharfen,

[87]) Er wird erhalten durch Zusammenschmelzen von 1 Theil Wachs, 1 Theil Asphalt und 6 Theilen Mastix unter Zusatz von etwas Terpentinöl. Man erwärmt ihn vor dem Gebrauche und trägt ihn mit einem Pinsel auf.

spitzen Präparirnadel und einem Metalllineal gravirt man in diesen Ueberzug die sich kreuzenden Linien etwa wie in Figur 97, so dass an diesen Stellen das Glas blosgelegt wird. — Man füllt nun in einen Platintiegel etwas feingepulverten Flussspath, übergiesst mit viel conc. Schwefelsäure und legt das Glasplättchen mit dem Deckglase nach unten über den Tiegel. Man erwärmt schwach, es entwickeln sich Flusssäuredämpfe, welche das Glas an den blosgelegten Stellen ätzen. Die Aetzung ist nach 5 bis 10 Minuten beendigt. Man muss jedoch Acht darauf geben, dass die Schwefelsäure im Ueberschuss vorhanden ist, sonst sind nämlich die Flusssäuredämpfe wasserhaltig und die Aetzung wird nicht schön. Die schärfsten Aetzungen erhält man, wenn man überhaupt gar keine Erwärmung anwendet, sondern die Flusssäure längere Zeit bei gewöhnlicher Temperatur einwirken lässt. Ist die Aetzung fertig, so erwärmt man die Glasplatte, hebt das Deckglas ab und entfernt von ihm Firnis und Wachs durch Behandlung mit Terpentinöl, Alkohol und Aether. Es wird auf irgend eine Weise auf dem Blendrahmen im Ocular befestigt.

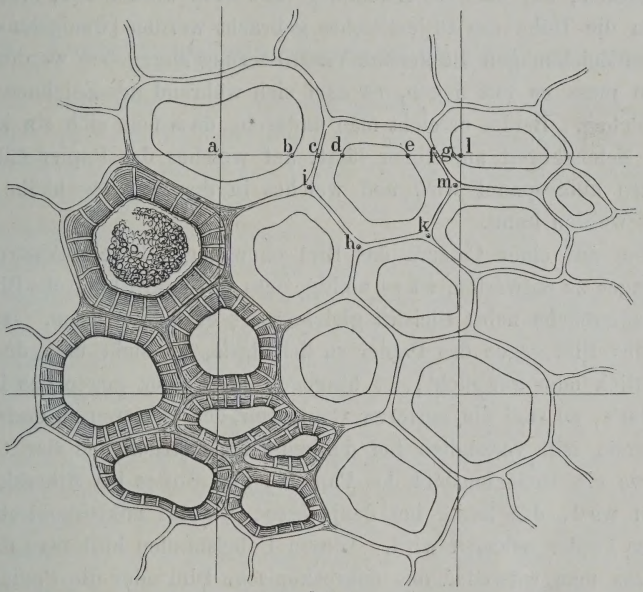
Wie verwendet man denn nun diese Vorrichtung beim Zeichnen mikroskopischer Bilder? Figur 96 stellt ein Sklerenchymbündel im Querschnitt aus der Wurzel von *Pteris aquilina* dar, welches mit Hilfe des doppelten Fadenkreuzes geseichnet wurde, und zwar bei einer Vergrösserung von 600. Wir bringen zunächst das Bild durch Verschieben des Objectträgers in geeignete Deckung mit dem mittleren Quadrat des Fadenkreuzes [Figur 96] und zeichnen dieses in 600facher Vergrösserung auf ein Stück Papier. Wenn wir seine, durch directe Messung zu bestimmende Grösse [88]) kennen, so ist dieses leicht möglich. Wir haben bei derselben Vergrösserung bereits *Pinnularia viridis* gezeichnet und dort gesehen, dass die Länge unserer Mikrometerscala [= 4·0 mm] bezüglich der Vergrösserung den Werth von 0·1 mm hatte; wir haben ferner durch Messung gefunden, dass eine Seite des mittleren Quadrates unseres Fadenkreuzes 2·2 mm lang ist, folglich muss diese Seite bei 600facher Vergrösserung 33 mm lang erscheinen, nämlich:

$$4 : 0{\cdot}1 \times 600 = 2{\cdot}2 : x$$
$$x = 33{\cdot}0$$

---

[88]) Man legt das Fadenkreuz, resp. das geätzte Deckglas unter das Mikroskop als Object, schraubt eine schwache Vergrösserung *n* an und zeichnet es mit der Camera lucida in natürlicher Grösse auf. Die Seitenlängen werden alsdann mit dem Millimeterstabe bestimmt und durch *n* dividirt. Der Quotient giebt die wirkliche Länge in Millimetern an.

Nun bemerken wir z. B., dass die obere Quadratseite *a l* [Figur 96] drei Zellen des Sklerenchymbündels deckt; es wird uns durch gegenseitige Abschätzung der Längen leicht gelingen, die Punkte *b*, *c*, *d*, *e*, *f* und *g* festzulegen, ebenso ähnliche Punkte auf den anderen drei Quadratseiten. Die Knotenpunkte des Zellnetzes, welche innerhalb des Quadrates fallen, wie *i*, *h*, *k*, *m*, sind ebenso durch gegenseitige Abschätzung ohne Schwierigkeit einzutragen; sind sie für eine Zelle bestimmt, so wird die



96.

Contour dieser zunächst eingetragen u. s. f. Auf diese Weise gelingt es, eine Zellgruppe wie die vorliegende ohne erhebliche Fehler zu entwerfen, und, was gleichfalls von Wichtigkeit ist, man erlangt durch diese Methode alsbald eine gewisse Fertigkeit, Grössen und Entfernungen unter dem Mikroskop abzuschätzen; diese Fertigkeit wird dem Mikroskopiker oft sehr zu statten kommen. — Die Abbildung zeigt übrigens die rechte Hälfte des Zellnetzes in Contourzeichnung, die linke in weiterer Ausführung — doch davon später.

Man könnte leicht noch mehrere ähnliche Methoden zum Zeichnen mikroskopischer Objecte anführen, doch nehmen wir hier davon Abstand, es genügt uns den Weg angedeutet zu haben.

c. In den meisten Fällen wird man sich, wenn ein mikroskopisches Bild nachgezeichnet werden soll, der Camera lucida in irgend einer

der früher [pag. 81—91] beschriebenen Formen bedienen. Der Gebrauch dieser Hilfsapparate ist sehr leicht und wird bald gelernt; es sind daher hier über denselben nur wenige Worte zu sagen.

Zunächst halte man das Auge dicht über die zum Durchsehen bestimmte Oeffnung und sehe ausserdem senkrecht nach unten. Bei vielen Zeichenapparaten verschiebt sich nämlich das Bild merklich, wenn man auf verschiedene Weisen schräg in die Vorrichtung hineinblickt. Das Papierstück, auf dem die Zeichnung entworfen werden soll, muss erstlich in die Höhe des Objecttisches gebracht werden [wenigstens wenn bei den Zeichnungen die genaue Vergrösserung angegeben werden soll], sodann muss es fest liegen, es darf sich während des Zeichnens nicht verschieben. Beides erreicht man dadurch, dass man sich ein kleines, festes Zeichenbrett anfertigen lässt, auf welches das Papier mit Heftzwecken aufgespannt wird und welches in der Objecttischhöhe angebracht werden kann.

Um mit einer Camera das Bild ohne ungebührliche Anstrengung des Auges zu entwerfen, ist es nöthig, dass das mikroskopische Bild und die Papierfläche nebst Bleistift gleichmässig erleuchtet seien. Ist nämlich das Bild gegen das Papier zu lichtstark, so sieht man den Stift undeutlich oder gar nicht, ist hingegen das Papier gegen das Bild zu lichtstark, so sind die zarteren Contouren des letzteren zu undeutlich. Das erste tritt vorzüglich bei denjenigen Constructionen der Camera ein, wo ein Reflexionsbild des Papieres und Stiftes ins Mikroskop geworfen wird, das letzte bei denjenigen, wo das mikroskopische Bild auf das Papier reflectirt wird. Diesen Uebelständen hilft man dadurch ab, dass man entweder das mikroskopische Bild oder die Papierfläche beschattet. Beides kann einfach mit der Hand geschehen, oder durch zweckmässig construirte Schirme von Pausepapier, durch in einiger Entfernung aufgestellte Scheiben von Pappe oder dergl. Hartnack giebt seiner Camera auch geschliffene, blaue Glasplatten bei, welche das Licht theilweise abblenden, und diese scheinen in der That bei vielen Constructionen der Camera Anwendung finden zu können [89]). Einige wenige Versuche, die man mit seiner Camera und mit den verschiedenen Vergrösserungen seines Mikroskopes in dieser Richtung anstellt, werden über die zweckmässigste Weise der Lichtabblendung bald Aufschluss geben.

Das Nachzeichnen der Contouren unter der Camera kann zunächst mit einem nicht zu harten Bleistifte in ganz leichten Linien geschehen,

---

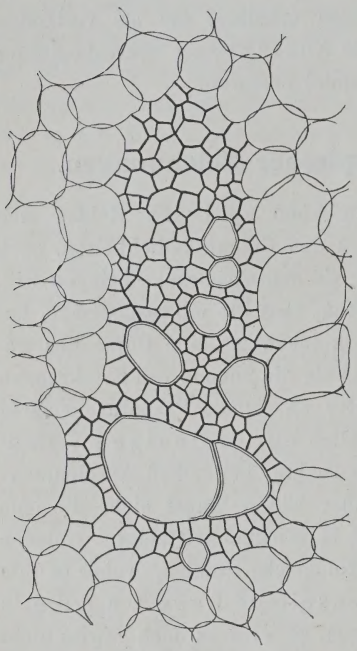
[89]) Vgl. C. Cramer in Botan. Centralbl. 1881. Bd. VII. pag. 385—391.

die, weil man in jedem Falle eine für das Zeichnen nicht ganz bequeme Stellung einnehmen wird, bisweilen rauh und holprig ausfallen. Zieht man aber nachher diese vorläufigen Contouren mit einem etwas härteren Bleistifte in stärkeren Linien nach und reibt die zarten mit dem Radirgummi fort, so wird man Zeichnungen erhalten, die als vorläufige Skizzen vollständig genügen. Ueber die Ausführung mikroskopischer Zeichnungen wird uns das folgende Capitel belehren.

2. Ausführung mikroskopischer Zeichnungen.

Die Ausführung einer mikroskopischen Zeichnung richtet sich wesentlich nach den Verhältnissen, nach den Eigenthümlichkeiten, nach den Beobachtungen, welche man durch sie zum Ausdrucke bringen will. Bereits auf pag. 11 wurde hervorgehoben, dass die mikroskopische, beziehungsweise anatomische Zeichnung keineswegs eine Copie des gesehenen Bildes sein dürfe, sondern dass sie die Summe von Erfahrungen wiedergeben müsse, die der Beobachter an seinem Präparat gemacht hat. Sie soll ferner in den meisten Fällen nur diejenigen Verhältnisse demonstriren, auf die es dem Beobachter bei seinen Auseinandersetzungen ankommt, und sie wird daher häufig längst nicht alle jene Theile in sich aufnehmen, die das Bild in Wirklichkeit zeigt. Nehmen wir z. B. an, Jemand mache rein histologische Studien, wobei es ihm nur darauf ankommen soll, die gegenseitige Lage von Zellen in einem Gewebe zur Darstellung zu bringen, so wird er doch gewiss nicht darauf verfallen, in jede einzelne Zelle den Inhalt, wie Protoplasma, Zellkern u. s. w. hineinzuzeichnen, oder die feinere Sculptur der Zellwand zum Ausdrucke zu bringen, die ihm gleichfalls augenblicklich nicht weiter interessirt. Wählen wir ein concretes Beispiel. Jemand studirt die Stengelanatomie von *Richardia africana*. Es kommt ihm darauf an, die Gefässbündel kennen zu lernen bezüglich ihrer Lagerung, bezüglich ihrer Form und bezüglich ihres Baues. Er wird, um diese Verhältnisse auszudrücken, nur die Contour der Zellen und ihren gegenseitigen Anschluss, vielleicht auch noch die relative Wandstärke nöthig haben. Seine Zeichnung [Figur 97, Querschnitt] wird daher die Zellwände mit einfachen Strichen darstellen, nicht doppelt contourirt, wie sie es in der That sind. Er wird ferner, um dem Beschauer vollkommen verständlich zu werden, vielleicht die Zellwände des umgebenden Parenchymgewebes durch die zartesten Linien ausdrücken, die des Cambiforms durch stärkere Linien, die Gefässwände durch die stärksten oder durch doppelte Contourirung. Eine solche Zeichnung ist natürlich

in hohem Maasse schematisch, aber sie genügt den an sie gestellten Anforderungen vollkommen, und sie hat vor einer Zeichnung, welche das mikroskopische Bild photographisch-getreu wiedergeben würde, jedenfalls das voraus, dass sie das Auge nicht durch Nebensächlichkeiten von den Hauptsachen ablenkt.

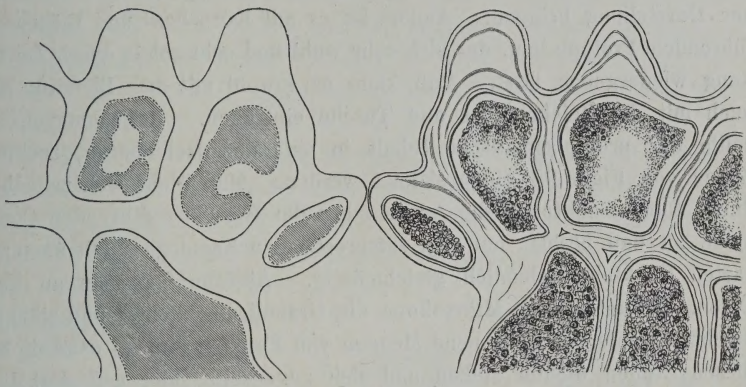


97.

Wir fügen noch ein zweites Beispiel an, bei dem wir in derselben Abbildung den Unterschied zwischen einer schematisirten und einer ausgeführten Zeichnung sehen. Figur 98 stellt einen stark vergrösserten Querschnitt durch den oberen Theil der Spaltöffnung und der angrenzenden Epidermis aus der Nadel von *Taxus baccata* dar. Die linke Hälfte der Zeichnung ist schematisch, die rechte ist ausgeführt. Die linke lehrt uns nur die Form, die Grösse der Zellen, die Mächtigkeit der Zellwand und die etwaige Vertheilung der protoplasmatischen Inhaltsstoffe kennen, die rechte Hälfte zeigt uns alle diese Verhältnisse auch, ferner aber noch die Ausdehnung und Form der Cuticula, die Structur der Zellwand, die Intercellularen und das verschiedene Aussehen der Inhaltstoffe in Schliesszellen, Epidermis und Subepidermallage. Die rechte Hälfte der Zeichnung zeigt uns alle Verhältnisse, welche wir an den abgebildeten Stellen des Präparates bei der angewandten Vergrösserung ermitteln können.

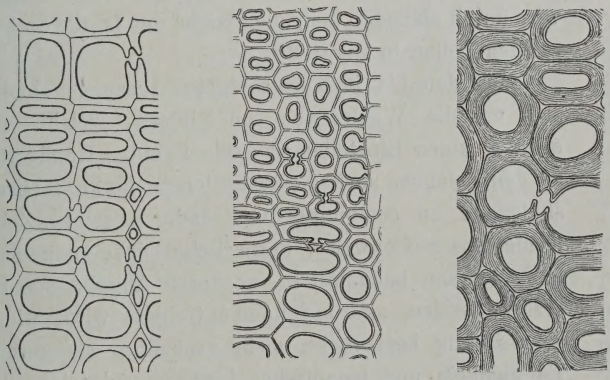
Wie wohl selbstverständlich, ist es natürlich auch möglich, eine nach dem Mikroskop entworfene Zeichnung im grösseren oder geringeren Maasse zu schematisiren, und zwar wird man hierbei natürlich den Forderungen eines jeden einzelnen Falles Rechnung zu tragen haben. Figur 99 stellt Holzzellen aus jungen Stämmen von Coniferen dar; I ist die am meisten, III die am wenigsten schematisirte Darstellung. Bei I ist die Mittellamelle durch einen einfachen, dünnen Strich angedeutet, während die innerste Verdickungsschicht durch eine starke, einfache Linie kenntlich gemacht ist; die zwischen beiden gelegene Lignin-

schicht ist nicht weiter ausgeführt worden. In II ist die Mittellamelle durch zwei zarte Linien angedeutet, die Innenschicht durch eine zarte und eine dickere, das Zelllumen begrenzende Linie, die Ligninschicht ist gleichfalls nicht weiter ausgeführt. Bei III endlich sind auch noch



98.

die concentrischen Schichtungen der letzteren eingetragen, und es giebt III etwa ein vollständiges Bild der Zellwandstructur wieder, wie man es bei stärkeren Vergrösserungen wahrnimmt.

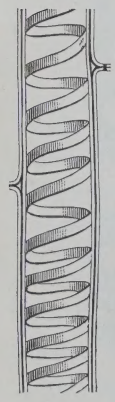


I II III

99.

Die Darstellung von Zellwandungen in mikroskopischen Zeichnungen stösst im ganzen nicht auf Schwierigkeiten, da hierzu gewöhnlich nur einfache, gleichmässige Contourlinien erforderlich sind. Die Schwierigkeiten der Darstellung vermehren sich, wenn flüssige oder halbflüssige

Inhaltsstoffe in Zellen darzustellen sind. Ist der Zellinhalt eine homogene, klare Flüssigkeit, so muss man von einer bildlichen Darstellung überhaupt absehen, da sich eine Flüssigkeit unter dem Mikroskope nur durch eigenthümliche Lichtbrechungsverhältnisse documentirt; höchstens könnte man sie schematisch durch Schraffiren oder Anlegen mit dem Wischer zur Darstellung bringen. Anders ist es mit Körnchen- und Bläschenführendem Protoplasma, das sich sehr wohl und sehr schön durch Zeichnung wiedergeben lässt. Man kann es sowohl mit dem Bleistifte als auch mit der Zeichenfeder und Tusche eintragen. Angenommen, es sollte der protoplasmatische Inhalt in eine der drei oberen, rechten Zellen von Figur 98 eingezeichnet werden. Man giebt sich zunächst durch feine Pünktchen die Ausdehnung der Körnchen-führenden Complexe an und besetzt nun den entsprechenden Raum ganz mit äusserst zarten Pünktchen ziemlich gleichmässig. Alsdann fügt man an den Orten, wo unter dem Mikroskope die Granulirung dichter und stärker erscheint, entsprechende neue Mengen von Punkten ein, so dass sie an diesen Stellen dichter stehen und sich gegenseitig hier und dort berühren. Erst zum Schluss setzt man die dickeren und dicksten Körnchen in Gestalt von kleinen Kreisen oder mit unregelmässiger Contour ein, je nach dem Aussehen des Objectes. Ist das Protoplasma sehr dicht und wolkig, so ist die Unterlage von zarten Pünktchen nicht statthaft; in diesem Falle stellt man den Untergrund durch viele kleine, wirr durch einander laufende Striche dar [s. die drei unteren, rechten Zellen in Figur 98].

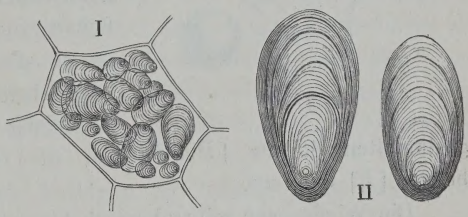


100.

Bei den bis jetzt betrachteten Beispielen handelte es sich um die Wiedergabe von Bildern, welche vermittels einer einzigen Einstellung zu sehen sind. Häufig tritt aber an den Zeichner auch die Anforderung heran, mehrere Einstellungen zu combiniren und dadurch seiner Zeichnung, wenigstens stellenweise, körperliche Dicke zu geben. Das letztere kann bekanntlich nur durch Angabe von Schatten erzielt werden, und auf keinem Gebiete wird, wie Nägeli sehr richtig hervorhebt, mehr gesündigt, als gerade hier. Es giebt in der botanischen Literatur zahlreiche derartige Zeichnungen, worin das Körperliche zugleich durchsichtig und undurchsichtig, flach und gewölbt, rund und eckig dargestellt ist. Um wenigstens annähernd richtig zu zeichnen, denke man sich immer eine bestimmte Richtung, von der das Licht auf den zu schattirenden Körper fällt, z. B. von rechts oder links oben unter einem Winkel von 45°.

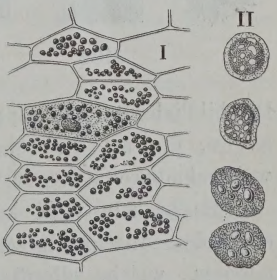
Sehr häufige, theilweis körperliche Darstellungen sind z. B. Schraubengefässe, wie Figur 100 das Stück eines solchen darstellt. Man wird aus der Zeichnung sofort ersehen, dass hier nicht die Gefässwand perspectivisch und körperlich dargestellt ist, sondern nur das dieselbe auskleidende Schraubenband. Die Wandung ist so wiedergegeben, wie man sie bei einer, mittleren Einstellung sieht, das Schraubenband ist durch Combination mehrerer Einstellungen construirt. Es ist dabei angenommen, dass das Licht von oben rechts einfällt.

Die Anlage von Schatten ist zumal da erforderlich, wo es sich darum handelt, Inhaltsstoffe der Zellen zur Anschauung zu bringen, denen eine eigenthümliche Form zukommt. Als hierhergehörig sind vornehmlich Stärke-, Chlorophyll- und Farbstoffkörnchen, sodann Krystalle, endlich Flüssigkeitsbläschen und -tröpfchen zu nennen. Was die Stärkekörner anbelangt, so lässt sich über ihre Darstellung wenig Allgemeines sagen, da sie unter sehr mannigfachen Formen, einfach und zusammengesetzt vorkommen.



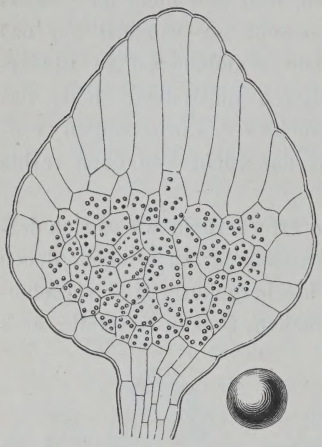
101.

Als Beispiel geben wir in Figur 101 das Bild der bekannten Stärkekörner aus der Kartoffel; die Abbildung zeigt zwei einzelne Körnchen, welche so schattirt sind, als ob das Licht von oben in etwas schräger Richtung einfiele. Bei dieser Art der Schattirung ist es unmöglich, die Vorstellung zu erwecken, dass die Körnchen platte Scheiben wären, was bei einem Mangel an Schatten leicht möglich sein würde. — Chlorophyllkörnchen müssen gewöhnlich als rauhe Kügelchen gezeichnet werden, was am besten auf die durch Figur 102 I illustrirte Weise geschieht. Will man bei starkvergrösserten Chlorophyllkörnchen die im Innern befindlichen Stärkekörnchen zur Anschauung bringen, so wendet man eine Ausführung an, wie sie die beiden unteren Körnchen in Abbildung II verdeutlichen. — Kleine, solide Körnchen anderer Natur kommen im ganzen seltener vor, z. B. in gelb gefärbten Blütenblättern. Sie werden, wenn sie sehr klein sind, durch einfache Kreise dargestellt, wie in



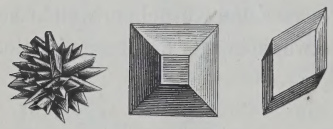
102.

Figur 103 [Längsschnitt durch den Kopf an den Nectariumtrichomen von *Parnassia palustris*]; sind sie grösser, so giebt man ihnen Kugelschattirung, wie es die nebenstehende Skizze in Figur 103 verdeutlicht. — Krystalle, welche in Pflanzenzellen vorkommen, müssen, um auf den Beschauer einen richtigen Eindruck zu machen, stets körperlich gezeichnet werden; sie können entweder in Contour angedeutet werden, besser aber schattirt man sie aus. Von den mannigfachen mikroskopischen Krystallformen geben wir in Figur 104 drei der am häufigsten vorkommenden, um an diesen die Art der Schattirung zu demonstriren. Es geht durch die Schattengebung auf das Deutlichste hervor, dass die mittelste Abbildung ein Quadratoctaëder mit gestumpften Spitzen [$P.oP$] ist, die rechte hingegen ein Rhomboëder [R] darstellt.



103.

Die Wiedergabe mikroskopisch kleiner Tröpfchen Flüssigkeits- und Luftbläschen stösst auf grössere Schwierigkeiten, da ihr Aussehen mit der Einstellung wechselt. Auf die Mitte eingestellt, erscheinen sie gewöhnlich scharf und doppelt contourirt, während sie bei hoher Einstellung einer dunkel gefärbten Kugel gleichen, die nach dem Pole zu etwas heller wird, während der Pol selbst hell glänzt. Die bildliche Darstellung geschieht gewöhnlich durch zwei concentrische Kreise, die um die scheinbare Stärke der bei mittlerer Einstellung wahrnehmbaren Contour von einander stehen.



104.

Es braucht wohl kaum hinzugefügt zu werden, dass sich die vorstehenden Auseinandersetzungen an wenige, concrete Beispiele halten mussten, welche allerdings zu den am häufigsten vorkommenden gehören. Dahingegen muss es dem praktischen Zeichner überlassen bleiben, in einer grossen Anzahl von Fällen selbst das Richtige zu finden. Er wird sich dieses wesentlich erleichtern, wenn er bereits vorhandene, gute Zeichnungen von Gegenständen, die seinem Präparate ähnlich sind, genau studirt. Von Werken, welche vorzügliche Abbildungen enthalten,

empfehlen wir zu diesem Zwecke: Sachs, Lehrbuch der Botanik; De Bary in: Sachs, Hofmeister, De Bary, Handbuch; Lürssen, Medicinisch-pharmaceutische Botanik; Strasburger, Zellbildung und Zelltheilung, Kny, Botanische Wandtafeln, sodann zahlreiche illustrirte Monographien in Pringsheim's Jahrbüchern und der Botanischen Zeitung.

3. Zeichenmaterialien.

Die meisten anatomischen Zeichnungen werden mit dem Bleistifte entworfen, der, wenn man zarte und weiche Bilder erhalten will, nicht zu hart sein darf. Am empfehlenswerthesten sind die von der Firma A. W. Faber gelieferten Nummern 2 und 3, und zwar die beste Qualität [sechseckig, gelb polirt]. Der Stift muss gewöhnlich sehr spitz sein, und dieses erreicht man am besten durch Schärfen auf der Feile. Schatten, wolkige Partien, zarte Inhaltsstoffe kann man auch zweckmässig mit einem weichen Lederwischer anlegen, was den Zeichnungen ein sehr nettes und zugleich natürliches Ansehen zu geben pflegt.

Sollen Zeichnungen als Vorlagen für Lithographien dienen, so empfiehlt es sich, dieselben nicht mit dem Stifte, sondern mit chinesischer Tusche und der Zeichenfeder auszuführen, wodurch die Zeichnungen der sogenannten Punktirmanier in der Lithographie sehr ähnlich werden und man hinlänglich gesichert ist, auf den Ausführungen keine eigenen Zuthaten des Lithographen zu erhalten. Tuschezeichnungen eignen sich auch zu photographischen Uebertragungen, in diesem Falle mischt man der zu verwendenden Tusche etwas Zinnoberfarbe bei.

Zum Coloriren mikroskopischer Zeichnungen empfehlen sich entweder Oelkreidestifte [die besten liefert C. W. Sussner, „Creta polycolor"] oder Aquarellfarben. Bei Anwendung der Oelkreidestifte darf das Papier vorher nicht durch das Radirgummi angegriffen sein. Sussner'sche Oelkreidestifte gestatten übrigens Uebereinanderzeichnen verschiedener Farben, so dass man also mit denselben jede gewünschte Nüance hervorbringen kann. Als Aquarellfarben verdienen vor allem die flüssigen in Tuben den Vorzug, die in neuerer Zeit auch für andere Zwecke die ausgedehnteste Anwendung finden. Aus eigener Erfahrung können wir empfehlen die Fabrikate von Günther Wagner in Hannover, von C. Kreul in Forchheim und Nürnberg, endlich die Düsseldorfer Aquarellfarben. Zum Auftragen der Farben

dienen Zobelpinsel oder gewöhnliche Tuschpinsel mit langem Stiel.

Von Papiersorten wählt man gute Nummern von Watman, welche nicht zu rauh sind, für Tuschezeichnungen auch wohl glatten Carton. Zu vorläufigen Skizzen können, da das Watman'sche Papier sehr theuer ist, auch gute Schreibpapiersorten verwandt werden.

VIERTER ABSCHNITT.

Die mikroskopischen Reagentien.

I. Einleitung.

Wenn man den Durchschnitt durch irgend ein Pflanzengewebe, beispielsweise den Querschnitt durch einen jungen Holzstamm, in Wasser, Glycerin oder anderen ungefärbten Einschlussflüssigkeiten [cfr. pag. 177 ff.] unter dem Mikroskop betrachtet, so wird derselbe — wenige, hier nicht in Betracht kommende Fälle ausgenommen — überall ungefärbt erscheinen. Diese Farblosigkeit werden sowohl die Membranen und Wände der meisten Zellen, als auch die grösste Mehrzahl der festen und flüssigen Inhaltsstoffe aufweisen. Es leuchtet ein, dass es häufig sehr schwierig sein wird, sofort über die wahre Natur kleiner Bläschen, Tröpfchen und Körnchen im Zellinnern ins Klare zu kommen. Ganz anders stellt es sich aber z. B. mit dem weitverbreiteten Chlorophyll, das durch seine eigenthümlich grüne Färbung auch von dem Anfänger leicht als solches erkannt werden kann. Wären anderseits auch kleine Fett- und Oeltröpfchen, Körnchen proteïnhaltiger Substanzen etc. mit einer ihnen eigenartigen Farbe ausgestattet, so würde die Identificirung derselben ungleich leichter gelingen, als dieses thatsächlich der Fall ist.

Man hatte schon relativ früh, in den ersten Jahren unseres Jahrhunderts, die Beobachtung gemacht, dass, wenn man Stärkekörnchen enthaltende Zellen mit einer Flüssigkeit versetzt, in welcher freies Jod im gelösten Zustande enthalten ist, die Stärkekörnchen sich unter Einwirkung desselben bläuen, während die anderen Theile des Zellleibes

ungefärbt bleiben oder wenigstens eine andere als blaue Färbung annehmen. Wie Nägeli später nachwies, beruht die Blaufärbung darauf, dass die Jodtheilchen eine eigenthümliche moleculare Einlagerung in die Stärkekörnchen eingehen.

Bald darauf fand Theodor Hartig, dass eine ammoniakalische Carminlösung sich sehr merkwürdig verhält gegen die protoplasmatischen Inhaltsstoffe der Zellen, also Zellkern und Protoplasma im engeren Sinne. Während diese Stoffe sich im lebenden Zustande indifferent gegen die rothgefärbte Flüssigkeit verhalten, nimmt der Zellkern nach erfolgter Tödtung den Carminfarbstoff sofort begierig auf und zeigt sich in Folge dessen schön carminroth gefärbt. Während in vielen Zellen der Zellkern vorher nur schwierig erkannt werden kann, ist er jetzt mit leichter Mühe zu beobachten. Das getödtete Protoplasma bleibt bei Einwirkung der Carminflüssigkeit vorerst vollkommen farblos, erst nach längerer Zeit nimmt es die Carminfarbe auf, jedoch in wesentlich zarterer Nuance als der Kern.

Es ist eine den Chemikern seit langer Zeit bekannte Thatsache, dass Eisenoxydulsalze, welche nur sehr geringe Spuren von Eisenoxyd enthalten, mit Gerbsäure complicirte chemische Verbindungen eingehen, die sich in wässeriger Lösung in Gestalt eines schwarzblauen oder dunkelgrünen Niederschlages theilweise ausscheiden. Wenn man also Gerbsäure-haltige Zellen mit der genannten Eisenverbindung imprägnirt, so entsteht momentan ein solcher gefärbter Niederschlag, der die Anwesenheit von Gerbsäure documentirt.

Aus diesen wenigen Beispielen geht hervor, dass dem Mikroskopiker gewisse Stoffe zur Verfügung stehen, welche es ihm ermöglichen, sich über die Natur der die Pflanze zusammensetzenden Stoffe Rechenschaft zu geben. Diese Zusatzstoffe heissen mikroskopische Reagentien, die von ihnen auf die Pflanzentheile hervorgebrachte Wirkung Reaction, die methodische Anwendung der Reagentien, um die Natur von Zellgerüst und Zellinhalt zu erkennen, führt den Namen mikroskopische Analyse.

Die Wirkung der mikroskopischen Reagentien ist verschiedener Natur. Einmal können dieselben den zu untersuchenden Stoff in eine andere Verbindung überführen, in diesem Falle ist die Wirkung des Reagenzes eine chemische. Z. B. der beschriebenen Reaction auf Gerbsäure liegt eine chemische Wirkung zu Grunde. Werden Proteïnsubstanzen mit Salpetersäure und Ammoniak behandelt, so entstehen unter Braunfärbung xanthoproteïnsaure Salze des Alkalis; dies ist ein zweites Beispiel für die Wirkung eines chemischen Reagenzes.

Eine grosse Reihe der mikrokospischen Reagentien übt jedoch eine von der soeben beschriebenen sehr verschiedene Wirkung auf die zu untersuchenden Stoffe aus, ihre Wirkung ist physikalischer Natur. Wenn wir, um hierfür ein concretes Beispiel anzuführen, den Querschnitt eines jungen Stammes von *Lonicera* in ein in absolutem Alkohol gelöstes Gemisch von Anilinroth (Fuchsin) und Anilinblau legen, ihn darin kurze Zeit verweilen lassen, den Schnitt in absolutem Alkohol abschwenken, mit destillirtem Wasser gut auswaschen und nun in Wasser oder Glycerin der Beocbahtung mit dem Mikroskop unterziehen, so zeigt es sich, dass die verschiedenen Gewebeschichten theilweise verschiedene Färbungen angenommen haben. Die Wände der äusseren Rindenschichten sind schwach bläulich geworden, während die inneren Rindenpartien fast ungefärbt geblieben sind. Die Bastgefässe und ein Theil des Weichbastes erscheinen röthlich, die Cambiumzone ist vollständig ungefärbt, die Gefässbündel sind schön violett, nur das Holzparenchym ist ungefärbt, die äussersten Markschichten sind sattblau, die inneren ganz ungefärbt. Diese verschiedenen Färbungen beruhen darauf, dass rother und blauer Farbstoff die Zellwände gewisser Complexe mechanisch durchdrungen haben, es hat eine moleculare Einlagerung derselben stattgefunden, aber keine chemische Verbindung mit den Wandmaterialien selbst. Die ungefärbt gebliebenen Wandpartien besitzen eine derartige physikalische Beschaffenheit, dass sie keinem der beiden Pigmente den Eintritt gestatten, die rothgefärbten nehmen nur das Fuchsin, die blauen nur das Anilinblau auf, während die violetten beide Farbstoffe aufgespeichert enthalten. Dass bei der Einwirkung des Anilins keine chemische Veränderung der Zellwände vor sich gegangen ist, kann leicht nachgewiesen werden. Bringt man nämlich den gefärbten [tingirten, injicirten] Schnitt längere Zeit in absoluten Alkohol, so verschwinden die Färbungen vollständig wieder, sie werden durch den Alkohol ausgelaugt; jetzt geben andere Reagentien dieselben Reactionen, als wenn eine vorhergehende Einwirkung des Anilin überhaupt nicht stattgefunden hätte.

Da eine ganze Anzahl der mikroskopischen Reagentien eine physikalische Wirkung ausübt, so ist es eigentlich falsch, von einer mikrochemischen Analyse zu sprechen, oder die Lehre von den mikroskopischen Reagentien und ihrer Anwendung mit dem Ausdrucke Mikrochemie zu bezeichnen.

Ob ein mikroskopisches Reagenz eine chemische oder eine physikalische Wirkung ausübt, ist gleichgiltig, und die mikroskopische Analyse hat beiden Kategorien von Reagentien denselben Werth beizumessen. Ihr kommt es darauf an, Mittel und Wege zu finden, erstens die chemische

Constitution der Stoffe im Pflanzeninnern zu ergründen, und zweitens zarte Structurverhältnisse, bei deren unmittelbarer Untersuchung man auf Schwierigkeiten stossen würde, schärfer hervortreten zu lassen. Wie sie dieses erreicht, ist im Grunde genommen einerlei. Dass sich natürlich der Mikroskopiker in jedem einzelnen Falle [wenn es anders irgend möglich ist], klar machen müsse, wie das angewandte Reagenz wirkt, ist wohl selbstverständlich. Das zwar dürfen wir uns nicht verhehlen, dass wir über die Art und Weise der Wirkung vieler Reagentien noch sehr wenig wissen.

Die Lehre von den mikroskopischen Reagentien und ihrer Wirkung ist eine rein empirische Wissenschaft. Den Besitz der meisten Reagentien verdanken wir dem Ausprobiren; diejenigen, welche auf dem Wege der wissenschaftlichen Deduction gefunden wurden, stellen die grosse Minderzahl dar. Es lässt sich nicht läugnen, dass eine ganze Reihe der in Vorschlag gebrachten Reagentien von nur untergeordneter Bedeutung ist und nur zweifelhafte Resultate liefert; die Wirkung anderer, welche von ihren Entdeckern sehr empfohlen wurden, ist nicht in dem Maasse nachgeprüft worden, als dass sie ohne weiteres den guten Reagentien zugerechnet werden dürften. Ueberhaupt ist die mikroskopische Analyse viel zu jungen Datums, um irgendwie als abgeschlossen bezeichnet werden zu können; im Gegentheil, ihr weiterer Ausbau wird der Zukunft angehören.

Die älteren Phytotomen wandten zwar hier und da einzelne Reagentien an, diese Anwendung war jedoch mehr nebensächlich und es wurde derselben eine nur geringe Wichtigkeit beigelegt. Der Erste, welcher die hervorragende Bedeutung einer methodischen Anwendung mikroskopischer Reagentien betonte, war Theodor Hartig. Es gelang ihm, mit ihrer Hilfe viele anatomische Verhältnisse zu erkennen, die seinen Zeitgenossen entgangen waren und die von diesen auch [da Hartig sich eine eigene, von allen anderen Botanikern abweichende Nomenklatur geschaffen hatte und entgegengesetzte Ansichten schroff zurückwies] allgemein verworfen wurden. Erst die Neuzeit erkennt immer mehr, dass Hartig in vielen Deutungen anatomischer Structurverhältnisse seinen Zeitgenossen voraus war, und die richtige Erkenntnis dieser resultirte in vielen Fällen aus der Anwendung mikroskopischer Reagentien. — Die Zahl der Botaniker, welche später wesentlich zum Ausbau der mikroskopischen Analyse beitrugen, ist ziemlich gross; wir werden im Verlauf dieses und des folgenden Abschnittes mit den Errungenschaften der einzelnen bekannt werden. Hier mögen vorläufig diejenigen Namen genannt werden, welche in der Geschichte der mikroskopischen Analyse die hervor-

ragendste Stellung einnehmen. Zuerst ist Nägeli zu erwähnen, der durch seine klassischen Untersuchungen über die Einwirkung der Jodreagentien auf Stärke, Cellulose etc. mustergiltige Arbeiten lieferte, sodann Sachs, welcher eine Reihe neuer und schöner Reactionen fand und dieselben in ausgezeichneten Untersuchungen über die Keimung der Samen methodisch anwandte; ferner Hanstein, dem wir gleichfalls eine Anzahl vorzüglicher Reactionen verdanken. Endlich sind Strasburger und Wiesner zu nennen, deren zahlreiche diesbezügliche Entdeckungen später gleichfalls aufgezählt werden sollen.

Angaben über mikroskopische Reactionsmethoden finden sich weit zerstreut in der anatomischen und physiologischen Literatur. Abgesehen von einer ersten Aufzählung der Reagentien durch Theodor Hartig [1]) ist nie eine brauchbare Zusammenstellung derselben versucht worden. Zwar finden sich in den oben vielfach citirten Werken von Nägeli und Schwendener, Dippel, Frey u. A. mehr nebensächliche Angaben darüber, allein dieselben sind entweder sehr kurz oder schwer auffindbar oder nicht mehr den heutigen Ansichten entsprechend. Erst während der Ausarbeitung dieses Capitels erschien eine sehr brauchbare, kurze Zusammenstellung der hierher gehörenden Thatsachen von V. A. Poulsen unter dem Titel: „Botanisk Mikrokemi. Vejledning ved fytohistologiske Undersøgelser til Brug for studerende“ [2]). Dieses kleine Werkchen können wir allen Anfängern zur Orientirung auf jenem Gebiete auf das Wärmste empfehlen. —

Die nachfolgenden Zusammenstellungen machen es sich zur Aufgabe, eine ziemlich vollständige Uebersicht der mikroskopischen Reagentien, ihrer Darstellung wie ihrer Anwendung und der von ihnen auf die Pflanzenorgane hervorgebrachten Wirkungen zu liefern. Bei der grossen Menge der zu verarbeitenden Daten war es zwar nicht möglich, alle bekannt gewordenen Thatsachen namhaft zu machen, schon deshalb nicht, weil dadurch der Umfang dieses Werkes über Gebühr angeschwollen sein würde. Eine ganze Reihe von Reactionen, deren Brauchbarkeit keineswegs sicher steht, musste auch aus diesem Grunde ausgeschlossen werden: es konnte in solchen Fällen nur durch kurze Angabe der betreffenden Literatur auf dieselbe aufmerksam gemacht werden. Im ganzen war der Verfasser bestrebt, alle Literaturangaben in möglichster Vollständigkeit anzufügen, um dem Leser zeitraubendes, oft

[1]) Hartig, Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims. Leipzig 1858, pag. 153—156.

[2]) Kopenhagen 1880. — Auch in deutscher Uebersetzung [Botanische Mikrochemie] von C. Müller [Kassel, Th. Fischer 1881] erschienen.

fruchtloses Nachsuchen zu ersparen. Wenn irgend möglich, sind die Reactionen sorgfältig nachgeprüft worden, wie man aus einer Anzahl diesbezüglicher Bemerkungen ersehen wird.

II. Apparate zur Darstellung der Reagentien.

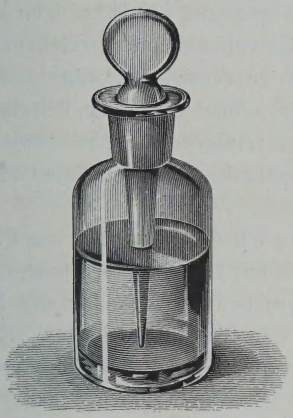
Der Mikroskopiker hat sich die Reagentien in fast allen Fällen selbst darzustellen. Zumal da, wo es ihm auf absolute Reinheit derselben ankommt, ist die eigene Darstellung immer nöthig. Die Reagentien sind einfache Flüssigkeiten oder Gemische mehrerer oder endlich Lösungen fester Stoffe in einfachen Flüssigkeiten oder Flüssigkeitsgemischen.

Die fertigen Reagentien werden in Glasgefässen aufbewahrt. Für manche würden sich gewöhnliche, mit einem Korke verschliessbare Medicinflaschen vollkommen eignen, besser wendet man jedoch Stöpselgläser an, deren Stöpsel luftdicht eingeschliffen sind. Am bequemsten sind diejenigen, deren Stöpsel sich in einen langen, gläsernen Dorn verlängert, welcher in die Flüssigkeit taucht, und mit dem man sehr bequem den zum Hervorrufen der Reaction erforderlichen Tropfen herausheben kann [Figur 105]. Für solche Reagentien, welche auch bei gewöhnlicher Temperatur Dämpfe erzeugen, die den Glaslinsen des Mikroskopes oder aber dem Arbeiter schädlich werden könnten, wendet man Stöpselgläser mit doppeltem Verschluss [Figur 106] an. Sie besitzen einen gut eingeschliffenen, mit Dorn versehenen Glasstöpsel; der obere Theil des Glases ist plötzlich verschmälert und über diese Verschmälerung wird eine kleine Glasglocke gestülpt. Der Unterrand im Innern der Glasglocke sowie die Verschmälerung sind durch Anschleifen genau aufeinander gepasst worden, so dass die Glocke den oberen Theil des Glases nach aussen hin hermetisch abschliesst [3]). — Diese Gläser eignen sich zur Aufbewahrung von Ammoniak, Aether, Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure und Essigsäure.

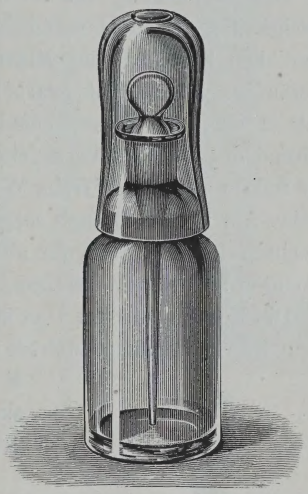
Die bei der Darstellung der Reagentien anzuwendenden Manipulationen sind: Abwägen fester Substanzen und Flüssigkeiten, Abmessen von Flüssigkeiten, Pulverisiren fester Stoffe, Erhitzen und Destilliren von Flüssigkeiten und Filtriren derselben. Das Pulverisiren fester Substanzen geschieht in kleineren oder grösseren Reibschalen von Porcellan. Zum Erhitzen respective Destilliren verwendet man je nach der Natur und Menge der zu verarbeitenden Flüssigkeit Reagenzcylinder, Glas-

[3]) Beide Arten von Gläsern sind zu beziehen von W. P. Stender, Leipzig.

kolben, kleine Retorten, Uhrgläschen oder Porcellanschälchen, die man während des Processes auf mit Drahtnetz überspannten Dreifüssen oder in Retortenhaltern etc. unterbringt [cfr. pag. 146 f]. Als Wärmequelle dient eine Spirituslampe oder ein Bunsen'scher Gasbrenner. Besondere Berücksichtigung verdient das Filtriren, indem man, wenn man unreine Filter verwendet, leicht eine geringe Menge fremder Stoffe dabei in das Reagenz überführen kann, welche möglicherweise die Reaction zu beeinträchtigen fähig wären. Man verfertigt die Filter aus gutem Filtrirpapier,



105.



106.

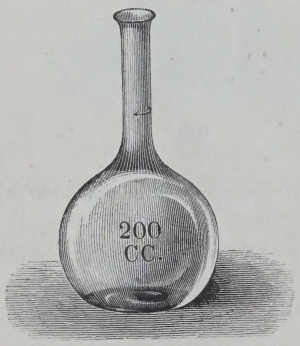
bringt eine grössere Anzahl derselben in ein Becherglas, übergiesst sie mit verdünnter, reiner Salzsäure, lässt sie $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde mit derselben in Berührung, wäscht mit destillirtem Wasser so lange aus, bis Lackmuspapier keine saure Reaction mehr anzeigt, und trocknet sie unter Anwendung mässiger Wärme. Durch Gebrauch derartig gereinigter Filter ist man vor Verunreinigung der Reagentien beim Filtriracte hinlänglich gesichert. Manche Stoffe, wie Aetzkalilösung, mineralische Säuren u. a. werden nicht durch Papier, sondern durch Glaswolle filtrirt. Zu dem Behuf bringt man eine kleine Quantität gut ausgewaschener und getrockneter, feinster Glaswolle in den Grund eines kleinen Trichters und giesst die zu filtrirende Flüssigkeit auf. Die Glaswolle ist dem in früheren Zeiten zu gleichem Zweck verwandten Asbest immer vorzuziehen.

Es ist häufig nicht leicht, sich darüber Rechenschaft zu geben, ob die gebrauchten Substanzen wirklich chemisch rein sind, d. h. ob sie

keine fremden Stoffe beigemengt enthalten, die sie für die Verwendung zu mikroskopischen Reagentien untauglich machen. Hier kann selbstverständlich sichere Auskunft nur die qualitative chemische Analyse geben, und es muss dieserhalb auf die zahlreichen Werke und Leitfäden verwiesen werden, welche jene zum Gegenstande haben. Auch die Methoden zur Reindarstellung anzuwendender Substanzen mögen — einige später zu beschreibende Fälle ausgenommen — in chemischen Werken nachgeschlagen werden.

Die Bestimmung von Gewichtstheilen fester Stoffe und der Flüssigkeiten geschieht vermittels der Wage, und zwar genügt den gewöhnlichen Zwecken des Mikroskopikers eine kleine Apothekerwage vollständig. Ist sie gut gearbeitet, so gestattet sie Wägungen bis auf 1 bis 2 mg, und diese Genauigkeit ist vollkommen ausreichend. Um während des Wägens Verunreinigungen zu vermeiden, wäge man auch feste Substanzen nie auf freier Wagschale, sondern in einem Uhrgläschen, welches vor dem Gebrauch sorgfältig zu reinigen ist. Das Gewicht des Gläschens kann man ein für allemal bestimmen und mit einem Schreibdiamanten auf dasselbe notiren.

Die Bestimmung der Raumtheile oder Volumina von Flüssigkeiten geschieht mit graduirten [calibrirten] Glasgefässen, sogenannten Maassgefässen. Die für den Mikroskopiker empfehlenswerthesten Formen der Maassgefässe sind die folgenden.

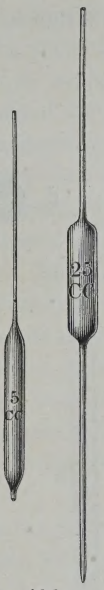


107.

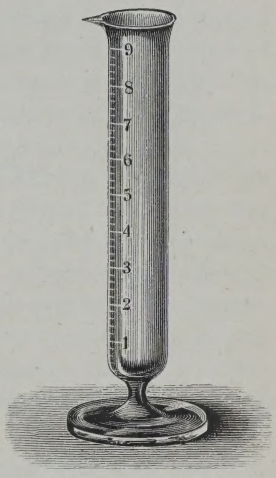
Der Maasskolben. [Figur 107]. Diese Apparate sind gewöhnliche Glaskolben mit langem, engen Halse, welcher im unteren Drittel eine Marke trägt. Werden sie bis zu dieser mit Flüssigkeit erfüllt, und wird dieselbe in ein anderes Gefäss ausgegossen — wobei man den Kolben abtropfen lässt — so beträgt die ausgegossene Flüssigkeit die Anzahl der Cubikcentimeter, auf die der Kolben geaicht ist und die sich als Signatur auf demselben findet. Man habe mehrere, verschieden grosse Maasskolben vorräthig, etwa von 100, 150, 200, 250 und 1000 cc Gehalt.

Kleinere Flüssigkeitsmengen werden mit Hilfe der bekannten Pipetten abgemessen, von denen Figur 108 zwei brauchbare Formen darstellt. Die Flüssigkeit wird in dieselben mit dem Munde aufgesaugt, bis sie über der Marke steht. Dann verschliesst man die Pipette oben

mit dem angefeuchteten Zeigefinger, lässt behutsam soviel Flüssigkeit ausfliessen, bis dieselbe auf die Marke einspielt und entleert den nun abgemessenen Inhalt in das dazu bestimmte Gefäss. Schliesslich legt man die Ausflussmündung der Wand des Gefässes an, ohne jedoch in die Pipette hineinzublasen. In dem Gefässe befindet sich nun die Flüssigkeitsmenge, welche die Signatur auf der Pipette angiebt. Je eine Pipette von 5, 10 und 25 cc Capacität sind ausreichend.



108.



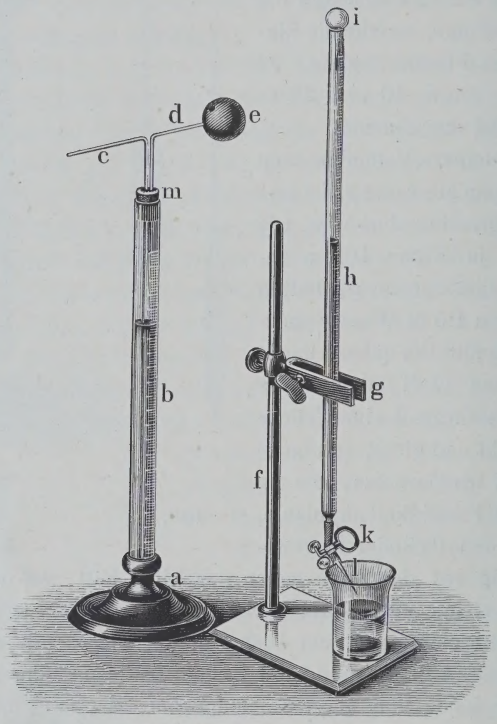
109.

Noch kleinere Volumina kann man mit einem Maasscylinder kleineren Formates abmessen, wie ein solcher in Figur 109 abgebildet ist. Angenommen, wir hätten mit demselben 1·5 cc Wasser abzumessen. Man füllt ihn nahezu damit an, lässt einen Theil ablaufen, bis das Niveau auf irgend einen Theilstrich einsteht und giesst nun langsam, zuletzt tropfenweise, die zu verwendende Flüssigkeit ab, bis sie, wenn man den Cylinder in verticaler Stellung vor das Auge gegen das Licht hält, auf den Theilstrich einspielt, welcher einem Minus von 1·5 cc entspricht. Sehr vortheilhaft kann man sich auch zum Ausheben der Flüssigkeit des kleinen in Figur 68 [pag. 136] abgebildeten Hebers bedienen; derselbe muss jedoch vorher innen und aussen mit der betreffenden Flüssigkeit angefeuchtet sein.

Für viele Zwecke sind die sogenannten Büretten unentbehrlich, welche sehr genaue Abmessungen gestatten, und zwar sind die beiden verwendbarsten Formen die nach dem Princip Gay-Lussac's von Mohr modificirte Blasebürette und die Mohr'sche Quetschhahnbürette. Beide Formen sind in Figur 110 abgebildet.

Die Blasebürette besteht aus einem etwa 400 mm langen, dickwandigen Glasrohre *b*, welches am unteren Ende rund zugeschmolzen ist und in einen Holzfuss *a* passt, indem es in demselben senkrecht steht. Seine obere Oeffnung ist mit einem doppelt durchbohrten Korke geschlossen, durch die Durchbohrungen gehen zwei Glasrohre. Das eine, winklig

gebogene *c* ragt mit seinem langen Schenkel bis fast auf den Boden der Bürette. Das Rohr *d* ist einmal gekniet, es ragt nur wenig unterhalb des Stöpsels vor, am anderen Ende ist über dasselbe ein kleiner Gummiball *e* geschoben, welcher eine mit dem Finger verschliessbare Oeffnung besitzt. Ist die Bürette mit Flüssigkeit gefüllt und drückt



110.

man auf den Ballon, indem man mit dem Daumen das Loch zuhält, so fliesst aus *c* eine gewisse Menge Flüssigkeit aus. Die Schnelligkeit des Ausfliessens kann man durch den Druck auf *e* vollständig reguliren. Das Füllen der Bürette geschieht, indem man die Spitze von *c* in die Füllflüssigkeit taucht und an der Oeffnung von *e* saugt. Die Röhre *b* trägt eine Graduirung auf Cubikcentimeter [Gehalt 40 bis 60 cc] und Bruchtheile, etwa 0·2. Die Werthe beziehen sich auf das Lumen von *b* und die in die Flüssigkeit tauchende Röhre *c*.

Die Mohr'sche Quetschhahnbürette ist ein langes, in ganze

und fünftel Cubikcentimeter getheiltes Rohr h, welches oben [bei i] und unten [bei k] offen ist. Die untere Oeffnung ist verjüngt. Ueber dieselbe wird ein etwa 7 mm langes Stück Kautschukschlauch geschoben, welches mit dem in eine Spitze ausgezogenen Glasröhrchen l versehen ist. Der Kautschukschlauch wird vermittels des Quetschhahns k geschlossen und die Bürette bei g auf dem Stativ f in senkrechter Stellung befestigt. Die Flüssigkeit füllt man bei i durch einen kleinen Trichter ein und setzt dann auf die Oeffnung ein mit einem Zapfen versehenes Glaskügelchen, um den Staub abzuhalten. Das Ausfliessen der abzumessenden Flüssigkeit wird durch theilweises Oeffnen des Quetschhahns bewerkstelligt.

Man wendet die Mohr'sche Quetschhahnbürette vorzüglich für indifferente Flüssigkeiten an, welche den Kautschuk nicht angreifen, während diejenigen, welche den Kautschuk verändern, in die Blasebürette eingefüllt werden, wo sie nur mit Glas in Berührung kommen [4]).

Die vorstehend beschriebenen Maassgefässe gestatten also erstlich, beliebige Raumtheile [Volumina] von Flüssigkeiten abzumessen. Zweitens können sie aber auch angewendet werden, um Gewichtsmengen von Flüssigkeiten — nachdem dieselben nämlich in Raumtheile umgewandelt sind — abzumessen.

Was das Wasser anbelangt, so hat ja bekanntlich 1 cc von 4° C. das Gewicht von 1 g. Hätte man also 30·5 cc Wasser abzuwägen, so würde man diese Gewichtsmenge auch erhalten, wenn man bei einer Temperatur von 4° C. 30·5 cc desselben abmisst. Macht man dieselbe Operation bei gewöhnlicher Zimmertemperatur [etwa 17° C.], so werden die 30·5 cc allerdings etwas weniger wiegen als 30·5 g, da jetzt das Wasser einen geringeren Grad der Dichtigkeit besitzt als bei 4° C., allein diese Differenz ist so unbedeutend, dass sie für unsere Zwecke vollkommen bei Seite gelassen werden kann. Nach den Untersuchungen von Despretz ist nämlich das Volumen des Grammes Wasser, wenn man das Volumen des Grammes Wasser bei 4° C. gleich 1 setzt, bei 17° C. gleich 1·00120. Das Volumen von 30·5 g wäre also bei 17° C. eigentlich 30·5366 cc; allein das Plus von 0·036 cc ist weit geringer, als der Fehler, welcher beim Ablesen gemacht werden kann.

---

[4]) Ueber Calibriren von Maassgefässen cfr. Bunsen, Gasometrische Methoden [Braunschweig 1857] pag. 26—36; über Prüfung und Corrigirung derselben F. Mohr, Lehrb. d. chem.-analyt. Titrirmethode [4. Aufl. Brschwg. 1874] pag. 1—50, ferner Fresenius, Anleit. z. quantitativen chem. Analyse [6. Aufl. Brschwg. 1875] pag. 33—46. — In den letzten beiden Werken finden sich auch genaue Angaben über alle maassanalytischen Bestimmungen, ferner sind daselbst die beim Ablesen anzuwendenden Cautelen nachzusehen.

Es leuchtet ein, dass man auch Gewichtsmengen anderer Flüssigkeiten in Volumtheile umsetzen kann, wenn man ihr specifisches Gewicht kennt. Hätte man z. B. 30 g Glycerin abzuwägen, und weiss man, dass sein specifisches Gewicht 1·264 ist, so braucht man ja nur 30 durch 1·264 zu dividiren, um die Anzahl der Cubikcentimeter zu erhalten, welche 30 g Glycerin wiegen; die Division ergiebt 23·7 cc. Zur Reduction der Gewichtsmengen einiger zu mikroskopischen Reagentien verwandter Flüssigkeiten auf Volumina dient die folgende Tabelle.

Specifisches Gewicht von Flüssigkeiten

bei 15° C.

Aethyläther	0·736
Alkohol	
absoluter	0·794
90procentiger	0·823
50procentiger	0·919
40procentiger	0·940
Ammoniak [gesättigt]	0·884
Carbolsäure [gesättigt]	1·066
Chloroform	1·480
Essigsäure	1·055
Glycerin	1·264
Salpetersäure	1·526
Salzsäure [kalt gesättigt]	1·210
Schwefelkohlenstoff	1·271
Schwefelsäure [englische]	1·842
Terpentinöl	0·870

Kleine Schwankungen der Zimmertemperaturen können bei den vorzunehmenden Umrechungen gänzlich vernachlässigt werden.

III. Anwendung der Titrirmethode zur Darstellung mikroskopischer Reagentien.

Die Titrirmethode [5]) lässt sich, wie Frey [6]) richtig hervorhebt, für die schnelle Herstellung gewisser Reagentien ganz vorzüglich an-

[5]) Mohr l. c.

[6]) Frey, Mikroskop pag. 90.

wenden, anderseits bietet sie die Möglichkeit, den Procentgehalt gewisser einfacher, flüssiger Reagentien mit Leichtigkeit zu bestimmen. Das Wenige, was für den Mikroskopiker aus dem weiten Gebiete der Maassanalyse in Betracht kommt, mag hier kurz auseinander gesetzt werden, im übrigen muss auf das ausgezeichnete, bereits pag. 229 citirte Werk von Fr. Mohr verwiesen werden.

1. Normaloxalsäurelösung. Gute käufliche Oxalsäure wird gepulvert und in wenig warmem Wasser gelöst, so dass noch ein grosser Theil der Säure ungelöst auf dem Boden des Gefässes zurückbleibt. Man filtrirt und lässt durch rasches Abkühlen krystallisiren. Die Krystalle lässt man im Filter abtropfen und trocknet sie bei gewöhnlicher Temperatur zwischen Fliesspapier. Um zu prüfen, ob sie ganz trocken sind, drückt man ein Stück glatten Papieres auf sie; haben sie keine adhärirende Feuchtigkeit mehr, so bleibt nicht das geringste Partikelchen von ihnen an dem Papiere hängen[7]).

Die Oxalsäure, welche 2 Molecüle Wasser gebunden enthält, besitzt die chemische Formel $\begin{matrix} CO.OH \\ | \\ CO.OH \end{matrix} + 2\,H_2O$. Das Atomgewicht der Oxalsäure beträgt also [C = 12, O = 16, H = 1] 126. Die Oxalsäure verbindet sich mit 2 Molecülen Kaliumhydroxyd, HKO, zu Kaliumoxalat $C_2O_4K_2 + H_2O$, einem Salze, welches ein Molecül Wasser enthält, und zwar nach der Formel:

$$\left(\begin{matrix} CO.OH \\ | \\ CO.OH \end{matrix} + 2\,H_2O\right) + 2\,HKO = \left(\begin{matrix} CO.OK \\ | \\ CO.OK \end{matrix} + H_2O\right) + 3\,H_2O.$$

Oxalsäure + 2 Kaliumhydroxyd = Kaliumoxalat + 3 Wasser.

Hierbei treten aus den 2 Molecülen Kaliumhydroxyd K_2O in das gebildete Salz ein, was einem Aequivalente von 94 entspricht [K = 39, O = 16]. Reduciren wir die beiden Zahlen [126 und 94] auf ein Atom Kalium, so erhalten wir die gegenseitigen Aequivalentzahlen 63 und 47.

Man wägt nun 6·30 g der reinen Oxalsäure auf der chemischen Wage ab und löst dieselben in genau 100 cc destillirtem Wasser. Es enthält also jedes Cubikcentimeter der Lösung 0·063 g Oxalsäure. Mit je 1 cc der Oxalsäurelösung würde man 0·047 g Kali in Kaliumoxalat überzuführen im Stande sein.

2. Normalkalilösung. Es ist nothwendig, auch eine Normalkalilösung zu haben, d. h. eine Lösung kaustischen Kalis im Wasser,

---

[7]) Fresenius l. c. pag. 131 f. — Mohr l. c. pag. 81 f.

welche in je 1 cc Flüssigkeit 0·047 g Kali gelöst enthält. Zu dem Zwecke bereitet man eine reine, ziemlich concentrirte Lösung kaustischen Kalis [Kali causticum fusum in baculis der Offic.] in Wasser, wie es unten unter „Kaliumhydroxyd" des Nähern beschrieben werden wird. Man pipettirt davon eine beliebige Anzahl von Cubikcentimetern in ein Becherglas und verdünnt mit einem beliebigen Quantum Wasser. Zu der Flüssigkeit setzt man einige Tropfen Lackmustinctur [8]) bis sie eben, aber deutlich, blau erscheint. Darauf lässt man aus einer mit Normaloxalsäurelösung gefüllten Bürette so lange Säure zufliessen, bis die Lackmustinctur eben ins Rothe umzuschlagen beginnt. Angenommen, wir hätten, um 5 cc unserer Kalilösung zu neutralisiren, 20·5 cc Oxalsaurelösung nöthig gehabt. Diese 20·5 cc enthalten 20·5 . 0·063 g und entsprechen dem Kaligehalt von 20·5 . 0·047 g. Diese sind in 5 cc meiner Kalilösung enthalten; verdünne ich je 5 cc der Kalilösung auf 20·5 cc, so wird dieselbe in je 1 cc 0·047 g Kali enthalten, also eine Normallösung sein. Man setzt also je 5 cc der Kalilösung 15·5 cc destillirten Wassers zu. Oder, was dasselbe ist, man füllt in einen 100 cc-Kolben 32·25 cc der Kalilösung und verdünnt sie mit Wasser auf 100 cc. — Ueber Aufbewahrung der Kalilösungen sehe man unten unter Kaliumhydroxyd.

3. Normalschwefelsäure. Dem Kaliäquivalent 0·047 entspricht ein Schwefelsäureäquivalent von 0·040, denn

$$H_2SO_4 + 2HKO = K_2SO_4 + 2H_2O.$$

Schwefelsäure + 2 Kaliumhydroxyd = Kaliumsulfat + 2 Wasser.

Es ist $SO_3 = 80$ [O = 16, S = 32], reducirt auf ein Atom Kali = 40. — Es werden 5 cc reiner, englischer Schwefelsäure in ein Becherglas pipettirt, beliebig verdünnt und mit einigen Tropfen Lackmustinctur gefärbt. Man setzt aus der Bürette soviel Normalkalilösung zu, bis die Reaction ins Blaue umschlägt. Man liest ab und verdünnt wie vorhin je 5 cc der Säure mit Wasser auf die abgelesene Zahl der Cubikcentimeter. — Man kann die Normalschwefelsäure an Stelle der Oxalsäure anwenden, deren Reindarstellung immer sehr zeitraubend ist.

---

[8]) „Man digerirt einen Theil käuflichen Lackmus mit 6 Theilen Wasser auf dem Wasserbade längere Zeit, filtrirt, theilt die blaue Flüssigkeit in 2 Theile, sättigt in der einen Hälfte das freie Alkali, indem man wiederholt mit einem in sehr verdünnte Salpetersäure getauchten Glasstabe umrührt, bis die Farbe eben roth erscheint, mischt die noch blaue Hälfte hinzu, fügt 1 Theil starken Weingeist bei und bewahrt die nun fertige Tinctur in einer nicht ganz gefüllten, kleinen, unverstopften Flasche an einem gegen Staub geschützten Orte auf. In verschlossenen Gläsern würde sich die Tinctur bald entfärben". [Fresenius, l. c. pag. 132].

Zur Anwendung dieser Normallösungen behufs Anfertigung mikroskopischer Reagentien ist es nöthig, die Aequivalentzahlen der dazu gebrauchten Stoffe zu wissen.

Aequivalente.

A. Für Normallösungen.

Natron	0·03100
Kali	0·04711
Ammoniak	0·01700
Chlorcalcium	0·05546
Chlorbaryum [wasserleer]	0·10405
Salzsäure	0·03646
Salpetersäure	0·05400
Schwefelsäure [wasserleer]	0·04000
Chromsäure [wasserleer]	0·05024
Essigsäure [Eisessig]	0·06000
Weinsäure [kryst.]	0·07500
Oxalsäure [kryst.]	0·06300

B. Für $^1/_{10}$-Normallösungen.

Jodkalium	0·016611
Chlorkalium	0·007457
Chlornatrium	0·005846
Silber	0·010797

Die Anwendung der Normallösungen zur Herstellung mikroskopischer Reagentien dürfte am besten durch einige concrete Beispiele klar werden.

Beispiele für die Anwendung der Titrirmethode zur Darstellung mikroskopischer Reagentien.

1. Es soll der Procentgehalt einer angefertigten Kalilösung festgestellt werden.

Man pipettirt 10 cc der Kalilösung in ein Becherglas, verdünnt mit destillirtem Wasser, setzt Lackmustinctur zu und lässt Normalschwefelsäure bis zum Umschlagen der Farbe zufliessen. Es sind hierzu 75·5 cc der Säure nöthig:

1 cc Säure = 0·047 g Alkali

75·5 cc Säure = 3·5485 g Alkali,

diese 3·5485 g finden sich in 10 cc [10 g] Wasser gelöst, in 100 cc [100 g] Wasser also:

$3{\cdot}5485 \times 10 = 35{\cdot}485$

Die untersuchte Kalilösung ist also 3·55procentig.

2. Es soll eine Kalilösung von bestimmtem Gehalt, z. B. 33·3 Procent dargestellt werden.

5 cc einer ziemlich concentrirten Kalilösung werden in ein Becherglas pipettirt, mit destillirtem Wasser verdünnt, mit Lackmustinctur versetzt und das zur Sättigung nöthige Quantum Normalschwefelsäure zugesetzt; = 58·4 cc.

1 cc Säure = 0·047 g Alkali
58·4 cc Säure = 2·7448 g Alkali, enthalten in 5 cc
also Procentsatz = 2·7448 × 20 = 54·9 Procent.
Die Proportion 33·3 : 100 = 54·9 : x
x = 164·86

ergiebt, dass wir 100 cc unserer Kalilösung auf 164·86 cc verdünnen müssen, oder 10 cc auf 16·486 cc, um einen $33^1/_3$procentige Lösung zu erhalten.

3. Es ist eine einprocentige Essigsäurelösung darzustellen.

10 cc verdünnte Essigsäure werden abgemessen, beliebig mit Wasser verdünnt und mit Lackmus versetzt. Man findet, dass zur Neutralisation 32·0 cc Normalkalilösung nöthig sind.

1 cc Kali = 0·060 g Essigsäure
32·0 cc Kali = 1·92 g Essigsäure
1·92 × 10 = 19·2 Procent
1 : 100 = 19·2 : x
x = 1920.

Man muss also, um die gewünschte 1procentige Lösung zu erhalten, 100 cc der geprüften Säure auf 1920 cc verdünnen, oder 1 cc auf 19·2 cc.

4. Englische Schwefelsäure unbekannten Gehaltes auf 20 Procent zu verdünnen.

1 cc hat zur Neutralisation 23·2 cc Normalkalilösung nöthig:

1 cc Kali = 0·040 g Schwefelsäure
23·2 cc Kali = 0·928 g Schwefelsäure
0·928 × 100 = 92·8 Procent
20 : 100 = 92·8 : x.

also müssen 100 cc der Säure mit destillirtem Wasser auf 464·0 cc verdünnt werden, oder 10 cc auf 46·4 cc.

5. Eine fünfprocentige Chromsäurelösung ist auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Die zu mikroskopischen Reagentien verwandte Chromsäure darf keine fremden Beimengungen, vor allem keine Spuren von Schwefelsäure enthalten, folglich kann ihre Titration mit Chlorbaryumlösung vollzogen werden[9]).

Es werden 12·2 g krystallisirtes Chlorbaryum [$BaCl_2 + 2H_2O$] in 100 cc H_2O zur Darstellung der Normalchlorbaryumlösung gelöst; 1 cc dieser Normallösung entspricht 0·05024 g Chromsäure. Man pipettirt 25 cc der zu prüfenden Chromsäurelösung in ein Becherglas, fügt einige Tropfen concentrirte Essigsäure zu und kocht auf. Dann wird kohlensäurefreie Ammoniakflüssigkeit bis

[9]) cfr. Mohr l. c. pag. 459.

zum schwachen Vorwalten zugesetzt und stark erhitzt. — Die bereitete Normalchlorbaryumlösung war in eine Gay-Lussac'sche Blasebürette eingefüllt; man setzt tropfenweise davon zu, indem man die zu titrirende Flüssigkeit fortwährend schüttelt. Es entsteht ein hellgelber, in heissem Wasser unlöslicher Niederschlag, welchen man vor weiterem tropfenweisen Zusatz der Normallösung absetzen lässt, wenn die gelbe Farbe der Flüssigkeit undeutlich zu werden beginnt. Die Reaction ist in dem Augenblicke beendigt, wenn die gelbe Farbe der Lösung gerade verschwunden ist. Es waren hierzu 25·5 cc Chlorbaryum nöthig:

1 cc Chlorbaryum = 0·05024 g Chromsäure
25·5 cc Chlorbaryum = 1·28 g Chromsäure
25 : 1·28 = 100 : x = 5·12 Procent.

Die Lösung ist also etwas mehr als fünfprocentig; soll daraus eine 5procentige Lösung dargestellt werden, so müssen nach der Proportion

5 : 100 = 5·12 : x
x = 102·4

100 cc derselben auf 102·4 cc verdünnt werden.

IV. Aufzählung und Darstellung der mikroskopischen Reagentien.

A. Anorganische Verbindungen.

1. Wasser. — H_2O

Unter dem beim Mikroskopiren verwandten Wasser ist immer destillirtes zu verstehen, welches auf die bekannte Weise dargestellt oder aus Droguenhandlungen bezogen wird. Im letzten Falle filtrirt man es zweckmässig vor dem Gebrauche. In reinem destillirten Wasser erzeugt Kaliumoxalat auch nach längerem Einwirken nicht den geringsten Niederschlag [Abwesenheit von Calciumsalzen]. Soll kohlensäurefreies Wasser zur Verwendung gelangen, so ist es kurz vor dem Gebrauche zum Sieden zu erhitzen.

2. Salpetersäure. — HNO_3

Man verwendet die reine Säure der Officinen, welche vollständig farblos ist, stechend riecht und schwache Dämpfe an der Luft entwickelt. Sie wird sowohl im concentrirten Zustande [spec. Gew. 1·5] gebraucht, als auch in verschiedenen Verdünnungsgraden mit Wasser, z. B. 50-, 30-, 10-procentig. Die Verdünnungen können auf titrimetrischem Wege leicht dargestellt werden. Die Säure ist, wie auch die folgenden, in

doppeltschliessenden Gläsern [Figur 106 a. pag. 225] zu bewahren. Wegen der Dampfentwicklung ist sie unter dem Mikroskope nur bei Gebrauch sehr grosser Deckgläser zulässig.

Die Salpetersäure dient als Macerationsmittel [mit oder ohne Kaliumchlorat, cfr. pag. 137], mit Ammoniak zu Reactionen auf Stickstoffsubstanzen, die Mittellamelle und Suberin.

3. Schwefelsäure. — H_2SO_4

Es ist gleichfalls nur die reine, sogenannte englische Schwefelsäure zu verwenden, entweder im concentrirten Zustande oder in verschiedenen Verdünnungsgraden mit Wasser, z. B. 1 Vol. H_2SO_4 + 3 Vol. H_2O, ferner 1 Vol. H_2SO_4 + 4 Vol. H_2O [= spec. Gew. 1·20], oder mit grösseren Wassermengen.

Wird angewandt zur Lösung von Zellmembranen und Zellinhalt, mit Jod zur Nachweisung von Cellulose, mit Indol zur Nachweisung verholzter Zellmembranen.

4. Salzsäure. — HCl

Wie die vorigen wird sie nur im reinen Zustande verwandt, in der Form, wie sie in den Officinen gebräuchlich ist. Sie ist vollkommen farblos, gelblich gefärbte ist durch Eisenverbindungen verunreinigt. Sie wird sowohl concentrirt als auch in zahlreichen Verdünnungsgraden angewandt. Im ersten Falle [kalt gesättigt] raucht sie an der Luft und ist deshalb wie die Salpetersäure unter dem Mikroskope nur bei Anwendung grosser Deckgläser zulässig. Eine nicht rauchende, für zahlreiche mikroskopische Zwecke verwendbare, dafür meines Wissens aber noch nicht empfohlene Säure von 20·2 Procent entsteht, wenn man die concentrirte bis zum Siedepunkte [110°] erhitzt. Diese Säure greift die Objectivgläser nicht im mindesten an und sollte in allen Fällen, wo man die concentrirte nicht nöthig hat, angewandt werden.

Die Salzsäure dient als Entkalkungs- und Macerationsmittel [cfr. pag. 138 und 160], zur Nachweisung von Proteïnstoffen, Calciumcarbonatkrystallen u. a.

5. Phosphorsäure [Metaphosphorsäure]. — HPO_3

Bildet eine eisartig aussehende, glasige, feste Masse [Acidum phosphoricum glaciale], welche sich im Wasser zu einer farblosen Flüssigkeit auflöst. — Sie findet als mikroskopisches Reagenz eine nur sehr beschränkte Anwendung.

6. Jodlösungen.

Die Jodlösungen sind die in der botanischen mikroskopischen Analyse am meisten angewandten Reagentien. Es sind Auflösungen von reinem Jod [10]) in verschiedenen Flüssigkeiten, nämlich in Wasser, Alkohol, Glycerin, Jodkaliumlösung und Chlorzink. Sie führen die Namen Jodwasser, Jodalkohol, Jodglycerin, Jodjodkalium und Chlorzinkjod. Die Darstellungsmethoden dieser verschiedenen Reagentien [11]) sind die folgenden:

1. Jodwasser. Jod ist bekanntlich im Wasser in sehr geringer Menge [1 : 0·00014] löslich und bildet eine schwach bräunlichgelb gefärbte Flüssigkeit. Man stellt dieselbe dar, indem man Jodsplitterchen in destillirtes Wasser bringt, worauf die Lösung innerhalb einiger Tage entsteht. Noch mehr empfiehlt es sich, das Jodwasser unmittelbar auf dem Objectträger zu bereiten, indem man zu dem im Wasser unter Deckglas liegenden Präparate ein Jodsplitterchen giebt. Ueberhaupt wirkt das Reagens am sichersten, wenn es unmittelbar vor dem Gebrauch bereitet wurde.

2. Jodalkohol. Mit Leichtigkeit löst sich Jod in absolutem Alkohol auf und erzeugt eine tiefbraune, unter dem Namen Jodtinctur bekannte Flüssigkeit. Für mikroskopische Zwecke stellt man die Lösung dar, indem man Jod im Ueberschuss zu Alkohol giebt und die entstehende, concentrirte Flüssigkeit später mit absolutem Alkohol oder mit destillirtem Wasser verdünnt. Im letzten Falle wird etwas Jod ausgeschieden. Wird am besten kurz vor dem Gebrauch bereitet.

3. Jodglycerin. Von diesem Reagens finden zwei Modificationen Anwendung:

a. Reines, concentrirtes Glycerin wird mit einer genügenden Menge von Jod versetzt, welches sich in demselben zwar langsam, aber

---

[10]) Man wird für gewöhnliche Fälle das käufliche, krystallinische Jod anwenden können; will man jedoch solches vorziehen, welches keine Spuren von Brom enthält, so bereitet man sich dieses, indem man pulverisirtes Jodkalium mit Braunstein mischt, in eine kleine Retorte bringt und mit Schwefelsäure übergiesst. Wird das Gemisch erwärmt, so destillirt Jod über und verdichtet sich im Retortenhalse oder in der Vorlage.

[11]) Harting, Das Mikroskop pag. 424, 475 f., 499. — Hartig, Entwicklungsgesch. des Pflanzenkeims, pag. 35, 153 f. — Nägeli u. Schwendener, Das Mikroskop pag. 473 f. — Dippel, Das Mikroskop Bd. I. pag. 273 ff. — Frey, Das Mikroskop, pag. 82 f. — Poulsen, Botanisk Mikrokemi, pag. 1 ff.

reichlich löst und der Flüssigkeit eine schöne, rothbraune Färbung mittheilt. Dieselbe wird entweder im concentrirten Zustande angewandt oder in verschiedenen Verdünnungsgraden. Als Verdünnungsmittel dienen destillirtes Wasser oder Glycerin; letzteres in dem Falle, wenn das zu untersuchende Object keinen Wasserzusatz verträgt.

b. Man löst je nach Bedürfnis eine grössere oder geringere Menge von Jodkalium in Glycerin und setzt dieser Lösung metallisches Jod zu.

4. Jodjodkalium. 3 Gramm krystallisirtes Jodkalium werden in 60 cc destillirtem Wasser gelöst und der gewonnenen Lösung 1 Gramm metallisches Jod zugesetzt. Die entstehende Lösung hat eine dunkel braunrothe Farbe und kann durch Zusatz von destillirtem Wasser beliebig verdünnt werden. — Zur Untersuchung gewisser Objecte [Lichenenschläuche] soll sich [12]) folgende Composition empfehlen: 0·06 Gramm Jod, 0·2 Gramm Jodkalium, 16·00 Gramm destillirtes Wasser.

5. Chlorzinkjod. Reines Zink in Stangen, wie es in den chemischen Laboratorien gebraucht wird, wird in Salzsäure bis zur Sättigung gelöst, dann noch etwas Zink hinzugesetzt und die Lösung so lange eingedampft, bis sie dickflüssig geworden ist. Sie wird darauf durch Glaswolle filtrirt. In dieser concentrirten Chlorzinklösung wird Jodkalium bis zur Sättigung gelöst und endlich viel metallisches Jod hinzugegeben, welches sich in der Mischung allmählich auflöst [Schultze]. — Eine genauere Vorschrift zur Darstellung des Chlorzinkjod hat Radlkofer [13]) gegeben: „Eine bei gewöhnlicher Temperatur bereitete Auflösung von Zink in Salzsäure wird bei einer, den Siedepunkt des Wassers nicht übersteigenden Temperatur zu einem, mit vielem Wasser sich nicht trübenden Syrup von dem specifischen Gewichte 2·0 eingedampft und dieser hierauf bis zu einem specifischen Gewichte von 1·8 mit Wasser verdünnt, wozu auf 100 Theile der Chlorzinklösung 12 Theile Wasser erforderlich sind. In 100 Theilen dieser Flüssigkeit löst man bei gelinder Wärme 6 Theile Jodkalium und soviel Jod, als dieselbe aufzunehmen vermag. Die Chlorzinkjodlösung hat nun die Consistenz von concentrirter Schwefelsäure, ist vollkommen klar und besitzt eine hell gelbbraune Farbe".

Es ist zweckmässig, die Chlorzinkjodlösung — ein sehr wichtiges Reagenz — in folgenden Modificationen anzuwenden [14]):

---

[12]) Poulsen, l. c. pag. 4, [Uebers. pag. 6].

[13]) Dippel, l. c. Bd. I. p. 274 f.

[14]) Behrens in Flora 1879, pag. 239, Separatabdr. pag. 58.

a. Concentrirte, jodarme Lösung. In der nach Radlkofer's Angaben dargestellten, concentrirten, mit Jodkalium versetzten Zinklösung löst sich im Laufe von ca. 48 Stunden soviel Jod auf, dass dieselbe hell braungelb gefärbt erscheint. Diese Modification kann mit Vortheil bei solchen Präparaten angewandt werden, deren starker Jodgehalt eine zu intensive Färbung geben würde.

b. Concentrirte, jodreiche Lösung. Sie entsteht, wenn die Lösung a mit einem Ueberschuss von metallischem Jod einige Wochen an einem dunkeln Orte aufbewahrt wird. Alsdann nimmt sie im Laufe der Zeit soviel Jod auf, dass ihre Farbe dunkelrothbraun wird, etwa die Mitte haltend zwischen Jodglycerin und Jodjodkalium.

c. Verdünnte Lösung. Wird aus b erhalten durch Zusatz verschieden grosser Mengen von Jodkalium, welches im Verhältnisse 1 : 20 in destillirtem Wasser gelöst wurde.

d. Für einige Zwecke empfiehlt es sich, die zu untersuchenden Präparate unter dem Deckglase mit concentrirter Chlorzinklösung [ohne Jodkaliumgehalt] zu versetzen und alsdann ein Jodsplitterchen hinzuzufügen [Nägeli].

In allen Jodreagentien bildet sich unter Einfluss des Lichtes Jodwasserstoffsäure [HJ], so zeigen sich z. B. im Jodwasser schon nach einer Stunde Spuren von derselben, die ihre Anwesenheit durch saure Reaction verrathen [15]). Manche Reactionen werden durch die Anwesenheit der Jodwasserstoffsäure beeinträchtigt. Im Jodwasser und Jodalkohol, welche zumal säurefrei sein sollten, weist man die Säure durch Lackmuspapier nach oder geringere Mengen auch durch folgendes Verfahren. Man setzt zu einem Pröbchen Stärke, welches sich auf einem Objectträger befindet, von der zu prüfenden Jodlösung und lässt das Ganze eintrocknen. Enthielt die Jodlösung keine Jodwasserstoffsäure, so behält die Stärke nach dem Trocknen die durch das Jod erlangte blaue Farbe bei; war Jodwasserstoffsäure vorhanden, so wird die Stärke beim Trocknen gelb [Nägeli]. — Kommt es daher darauf an, ganz reine Jodlösungen zur Anwendung zu bringen, so müssen sie jedesmal frisch dargestellt werden. Alle Jodreagentien sind im Dunkeln aufzubewahren.

Die Jodreagentien werden benützt zur Nachweisung von Stärke, Cellulose und deren Modificationen, sowie von Proteïnsubstanzen.

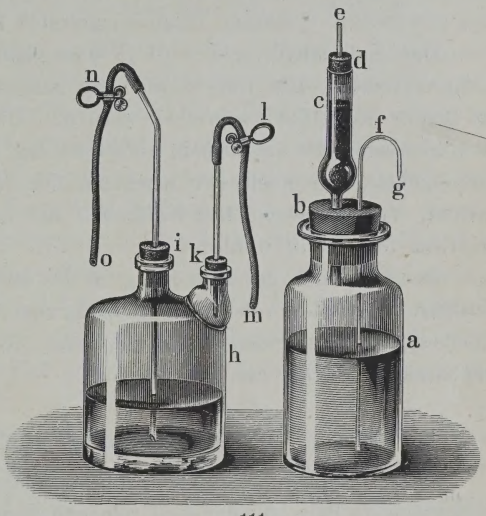
---

15) Nägeli in Sitzungsber. d. Bayer. Acad. 1863. Bd. I. pag. 484.

7. Kaliumhydroxyd. — KHO

Kommt im Handel ziemlich rein in schneeweissen Stangen von glasig-krystallinischem Bruch vor [Kali causticum fusum in baculis] und löst sich mit grosser Begierde in Wasser unter beträchtlicher Wärmeentwicklung. Das feste Alkali im trocknen Zustande verhält sich gegen die Kohlensäure der Luft ziemlich indifferent; in feuchter Luft zieht es Kohlensäure und Wasser an und wird allmählich in Kaliumcarbonat umgewandelt. Im erhöhten Maasse besitzt seine wässerige Auflösung dieselbe Eigenschaft. Die Anwesenheit von Kaliumcarbonat in Kalilösung ist durch genügenden Zusatz einer Säure leicht nachzuweisen; es findet in dem Falle Aufbrausen statt. Barytwasser erzeugt in kohlensäurehaltigen Kalilösungen einen weissen Niederschlag von Baryumcarbonat. Da die Anwesenheit des Kaliumcarbonat bei vielen mikroskopischen Reactionen nachtheilig wirkt, so hat man die Lösung vor jedesmaligem Gebrauch frisch herzustellen. Zu diesem Behufe bringt man die Kalistangen in ein Becherglas, übergiesst sofort mit destillirtem Wasser und lässt lösen. Sind die Stangen beträchtlich dünner geworden [ist die äussere, Kaliumcarbonat-haltige Schicht abgeschmolzen], so giesst man die Flüssigkeit ab und ersetzt sie durch neues Wasser; erst diese zweite Lösung verwendet man. Bewahrt man die Kalilösung übrigens auch nur 24 Stunden auf, so hat sie bereits wieder Kohlensäure angezogen. Da die häufige Bereitung des Reagenzes umständlich und auch nicht billig ist, so habe ich die folgende Vorrichtung construirt, in der man Kaliumhydroxydlösung monatelang, selbst jahrelang aufbewahren kann, ohne dass sie Kohlensäure aus der Atmosphäre anzieht. Ein die Lösung enthaltendes Gefäss, welches durch einen Kork- oder Glasstöpsel verschlossen ist, wird dieser Aufgabe nicht gerecht werden können, da jede Temperaturänderung eine Volumvergrösserung oder -verkleinerung der im Glase befindlichen Luft bewirkt, wodurch geringe Luftquanta von aussen her in das Glas eintreten. Gestattet man aber der Luft ungehinderten Ein- und Austritt, entfernt man aber vor dem Eintritt die Kohlensäure aus derselben, so bleibt die Lösung kohlensäurefrei. Auf diesem Principe beruht der in Figur 111 abgebildete Apparat. Die weithalsige, ganz reine und trockene Flasche *a* wird durch den Korkstöpsel *b* verschlossen. Derselbe besitzt zwei Durchbohrungen, durch die eine geht das Rohr *f*, durch die andere das Rohr *c*. Von diesen ist *f* eine englumige Glasröhre, welche fast bis auf den Boden von *a* reicht, bei *f* ist sie halbzirkelig gebogen und bei *g* in eine feine Spitze ausgezogen; *c* ist ein gewöhnliches, gerades Chlorcalciumrohr, bei *d* ist es, um den Staub abzuhalten, mit einem

Kautschuckstöpsel verschlossen, durch welchen das beiderseits offene Glasröhrchen *e* gesteckt ist. Das Chlorcalciumrohr wird vorher mit einer trocknen, Kohlensäure-absorbirenden Substanz gefüllt. Als solche ist z. B. von Graham ein Gemenge von Glaubersalz und Aetzkalk empfohlen worden. Zur Herstellung desselben stösst man gleiche Theile krystallisirtes Glaubersalz und Aetzkalk in einem Porcellanmörser, lässt das Gemisch vollständig ausquellen und trocknet es in einer Blechschale über freier Flamme. — In die Röhre *c* schiebt man unten einen Stopfen von Glaswolle, um das Durchfallen von Stückchen des soeben beschriebenen Gemisches zu verhüten, darauf wird das Röhrchen nahezu mit der absorbirenden Substanz angefüllt und zwar mit kleinen Stückchen, nicht mit Pulver. Man überzieht nun den Korkstöpsel *b* mit einer dünnen Wachsschicht und streicht darauf eine Lage Asphaltlack darüber. Nach dem Trocknen des Lackes ist der Apparat zum Einfüllen der nach obigen Angaben frisch bereiteten Kalilösung fertig. Ehe das Einfüllen geschieht, bläst man durch *e* Luft in *a* ein, um die Kohlensäure aus dem Glase zu entfernen, hält dann an die Oeffnung *g* ein mit Kalilösung gefülltes Becherglas und saugt bei *e*, worauf das Alkali nach *a* überfliesst. Ueber die gereinigte und getrocknete Spitze *g* wird sodann ein kurzes Stückchen dickwandigen, enganschliessenden Kautschukschlauches geschoben, dessen andere Oeffnung durch ein kurzes Glasstäbchen verschlossen ist. So vorgerichtet, kann der Apparat monatelang stehen, ohne dass die Kalilösung Spuren von Kohlensäure absorbirt. Handelt es sich darum, aus dem Apparate einen Tropfen der Lösung auf einen Objectträger zu bringen, so ziehe ich den verschliessenden Kautschukschlauch von *g* ab und schiebe ihn über *e*, lege an den oberen Theil des Glases *a*, welcher Luft enthält, die Hand, wodurch die Luft erwärmt wird, sich ausdehnt und sogleich aus der



111.

engen Röhre *f* das gewünschte Quantum Alkali austreten lässt. Sollen grössere Quantitäten Kali aus *a* in ein anderes Gefäss übertransportirt werden, so verbindet man den Apparat mit der Waschflasche *h*, die zur Hälfte mit gewöhnlicher Kalilösung gefüllt ist. Man entfernt die Quetschhähne *l* und *n*, schiebt *m* über *c* und bläst in *o* solange ein, bis aus *g* das gewünschte Quantum Alkali ausgetreten ist.

Das Kaliumhydroxyd wird in wässeriger wie in alkoholischer Lösung verwandt. Die Darstellung der letzteren [Russow's Kalialkohol] ist bereits pag. 162 beschrieben worden. Die wässerige Lösung findet sowohl concentrirt als auch in verschiedenen Verdünnungsgraden, deren Alkaligehalt sich nach der Resistenz der zu untersuchenden Objecte richtet, Verwendung. Der Kaligehalt der Lösungen kann leicht titrimetrisch festgestellt werden.

Der Gebrauch der Kalilösung in der Mikroskopie ist ein mannichfaltiger. Abgesehen von ihrer Benutzung zum Aufhellen [cfr. pag. 160 f.], dient sie zu Reactionen auf Protoplasma, Korkstoff, Gerbsäure, Chrysophansäure, Zucker etc. etc.

8. Kaliumchlorat. — $KClO_3$

Das in kleinen, weisslichen, fettglänzenden Kryställchen im Handel vorkommende Salz ist genügend rein und findet als solches Anwendung vorzüglich zur Herstellung von Macerationsgemischen [cfr. pag. 137].

9. Kaliumnitrat. — KNO_3

Seine Verwendung in der botanischen Mikroskopie ist sehr beschränkt; es wird am leichtesten rein erhalten durch Neutralisation einer Kalilösung mit Salpetersäure und Krystallisirenlassen des entstandenen Salzes.

10. Kaliumbichromat [Kaliumpyrochromat]. — $K_2Cr_2O_7$

Wird genügend rein erhalten, indem man grössere, abgewaschene Krystalle des käuflichen Salzes drei- bis viermal umkrystallisirt. — Es findet, in Wasser gelöst, Verwendung zur Erhärtung von Geweben [cfr. pag. 149], sowie zum Nachweis von Harz und Gerbsäure.

11. Chlornatrium. — $NaCl$

Das im Grossen dargestellte Kochsalz enthält zahlreiche fremde Substanzen; man stellt das zu verwendende daher am besten aus reinem

Kaliumcarbonat [oder Kaliumbicarbonat] durch Vermischen mit Salzsäure und Krystallisirenlassen dar. — Findet nur selten in sehr schwacher Lösung Verwendung.

12. Ammoniak [Ammoniumhydroxyd]. — $[NH]_4HO$

Wird in der wässerigen, gesättigten oder verdünnten Lösung vielfach angewandt. Dieselbe ist unter dem Namen Liquor ammonii caustici in Officinen und Droguenhandlungen käuflich. Will man sie selbst darstellen, so bereitet man sie zweckmässig aus Chlorammon [Salmiak] und Aetzkalk, wäscht das sich entwickelnde Ammoniakgas in einer kleinen Waschflasche in starker Kali- oder Natronlauge und leitet es von dort vermittels eines doppelt gebogenen Rohres in die mit kaltem, destillirten Wasser angefüllte Absorptionsflasche und zwar so, dass das Leitungsrohr bis fast auf den Boden der letzteren reicht. Die Absorptionsflasche wird zweckmässig in kaltes Wasser gestellt. Die entstehende Ammoniakflüssigkeit ist gesättigt, wenn Luftblasen von Ammoniakgas durch dieselbe hindurchtreten.

Der Ammoniakliquor wird in der Mikroskopie vielfach an Stelle des Kaliumhydroxyd gebraucht. Auch bei der Hanstein'schen Aufhellungsmethode kommt er in Anwendung [cfr. pag. 161]. Mit Salpetersäure dient er zum Nachweis von Proteïnverbindungen etc.

13. Eisenchlorid. — $FeCl_6$

Die wässerige Lösung, welche in der mikroskopischen Analyse in nicht zu verdünntem Zustande Anwendung findet und zum Nachweis von Gerbsäure dient, ist in den Apotheken unter dem Namen Liquor ferri sesquichlorati käuflich. Die Verbindung kann übrigens auch durch Auflösen von Eisen in Königswasser [1 Vol. HNO_3 + 4 Vol. HCl] erhalten werden. Nach dem Abdampfen bleibt das Eisenchlorid als grünliche Masse, bisweilen auch in Krystallen zurück.

14. Chromsäure [Chromsäureanhydrid]. — CrO_3

Ist im Handel in schön rothen, prismatischen Krystallen und zwar gewöhnlich genügend rein zu erhalten; sie löst sich in Wasser leicht mit brauner, im verdünnten Zustande gelber Farbe auf. Die Chromsäure darf für mikroskopische Zwecke keine Schwefelsäure enthalten [cfr. pag. 234]; man prüft sie auf dieselbe durch die sogenannte Hepar-Probe [16]).

[16]) Man stellt von der Chromsäure, in welcher man Schwefelsäure vermuthet, eine ziemlich concentrirte Lösung her und versetzt sie mit Baryt-

Die Chromsäure wird in verschieden starken Lösungen verwandt, so 1 Th. Säure in 6 Th. Wasser gelöst zum Studium der Schichtung von Stärkekörnern [Dippel], einprocentig als Erhärtungsmittel [Strasburger] etc. Die Concentrationsgrade der Chromsäurelösungen können titrimetrisch festgestellt werden [cfr. pag. 234 f.]. Die feste Säure bewahrt man trocken in gut schliessenden Glasgefässen.

15. Kupfersulfat [Kupfervitriol]. — $CuSO_4 + 5H_2O$

Ein für viele Zwecke genügend reines Präparat gewinnt man, wenn man käuflichen Kupfervitriol drei- bis viermal umkrystallisirt. Reiner wird es erhalten, wenn man aus einer concentrirten wässerigen Lösung des käuflichen Salzes durch Ammoniakflüssigkeit Kupferhydroxyd [$CuO . H_2O$] ausfällt, dasselbe so lange auswäscht, bis das Waschwasser auf Zusatz von Barytwasser nicht mehr getrübt wird, den Niederschlag in verdünnter Schwefelsäure löst und auskrystallisiren lässt. Auch durch Auflösen von reinem Kupfer in Schwefelsäure und Abdampfen zur Krystallisation kann man das Sulfat rein erhalten. — Es wird meist in concentrirter, seltener in verdünnter, wässeriger Lösung verwandt.

Die Kupfersulfatlösung dient im Verein mit Kaliumhydroxyd zur Nachweisung von Rohrzucker, Traubenzucker, Dextrin, Proteïnstoffen etc.

16. Cuprammoniumoxyd [Kupferoxydammoniak, Schweizer'sches Reagenz]. — $Cu\,2[NH_4]O_2$

Dieses Reagenz wurde im Jahre 1857 von Schweizer entdeckt. Es bildet eine prachtvoll blaue, sich zumal am Lichte bald zersetzende Flüssigkeit, welche aus einer Vereinigung von Ammoniumoxyd und Kupferoxyd entsteht. Zur Darstellung des Reagenzes sind verschiedene Methoden vorgeschlagen worden, von denen die wichtigsten folgende sind.

Schweizer [17]) stellte die von ihm angewandte Lösung auf folgende Weise dar: „Ich bereitete mir das von Heeren beschriebene, basisch-unterschwefelsaure Kupferoxyd durch vorsichtiges Fällen einer Lösung von unterschwefelsaurem Kupferoxyd mittels verdünnter Ammoniak-

---

wasser. Es wird Baryumchromat und, im Falle Schwefelsäure vorhanden war, auch Baryumsulfat gefällt. Man filtrirt, wäscht den Niederschlag aus und bringt von demselben einen Theil auf eine Holzkohle, wo man ihn mit Soda zusammenschmilzt; man legt die geglühte, erkaltete Masse auf eine Silbermünze und befeuchtet sie. War Schwefelsäure vorhanden, so wird das Silberblech an der Stelle, wo es mit der Masse in Berührung ist, durch entstehendes Schwefelsilber schwarz oder dunkelgelb.

[17]) Journal für prakt. Chemie Bd. LXXII. [Leipzig 1857] pag. 109 ff.

flüssigkeit, Filtriren und Auswaschen des hellgrünen Niederschlages. Sodann brachte ich diese Verbindung noch feucht mit concentrirter Ammoniakflüssigkeit zusammen. Sie löste sich darin sehr leicht unter Wärmeentwicklung auf, nach dem Erkalten hatten sich aber Krystalle von unterschwefelsaurem Kupferoxydammoniak aus der Lösung abgeschieden. Neben unterschwefelsaurem Kupferoxydammoniak musste sich also beim Auflösen des basischen Salzes in Ammoniak Kupferoxydammoniak gebildet haben, und dieses musste in der von den ausgeschiedenen Krystallen getrennten dunkelblauen Flüssigkeit frei aufgelöst enthalten sein".

Böttcher [18]) verwendet eine circa 2 Fuss lange, 1 bis 2 Zoll weite, oben offene, mit ganz dünn ausgewalztem Kupferbande locker gefüllte Glasröhre, die am unteren Ende etwas spitz zulaufend mit einem kurzen Kautschukrohr und Quetschhahn versehen ist. Man stellt die Röhre in einem Halter senkrecht, füllt sie dann mit starker Ammonlösung, lässt diese nach Verlauf einiger Minuten in ein untergestelltes Glas ablaufen, schüttet dieselbe von neuem auf das Kupferblech und fährt so abwechselnd einige Stunden lang fort. Man erhält auf diese Weise in einer verhältnismässig kurzen Zeit eine tief dunkelblau gefärbte, mit Kupferoxyd völlig gesättigte Flüssigkeit.

Neubauer [19]) benützt zur Darstellung ein Kupferoxyd, welches bei Gegenwart von Salmiak aus Kupfervitriollösung mit Natronlauge gefällt wird. Der zuerst durch Decantation, zuletzt auf dem Filter gründlichst ausgewaschene Niederschlag wird feucht unter Wasser aufbewahrt. Zur Darstellung der Reagenzlösung giebt man darauf zu überschüssigem Ammon von dem aufgeschüttelten Kupferoxyd so lange, als sich letzteres noch löst; es resultirt eine tiefblau gefärbte Lösung.

Nach Wiesner [20]) kann die Kupferoxydammoniaklösung auch dargestellt werden, indem man Kupferdrehspäne mit 13- bis 16procentigem Ammoniakwasser übergiesst und in offener Flasche stehen lässt.

Ich habe eine andere, der Neubauer'schen ähnliche Methode angewandt, welche ein sehr wirksames und zugleich reines Präparat liefert. Wenn man Kupfersulfat mit Kalium- oder Natriumhydroxyd fällt, so bilden sich gewöhnlich, entsprechend dem Kohlensäuregehalte des Al-

---

[18]) Böttcher in Neues Repert. für Pharmacie Bd. XXIII. pag. 732.

[19]) C. Neubauer in Zeitschr. für analytische Chemie von Fresenius Jahrg. XIV [Wiesbaden 1875] pag. 196.

[20]) J. Wiesner, Ueber die Einwirkung des Kupferoxydammoniaks auf thierische Gewebe und Gewebselemente [Sitzungsber. d. math.-naturw. Cl. d. k. Acad. d. Wiss. Wien. Bd. XLVIII. Abth. II, 1863, pag. 199 ff.].

kali, Spuren von basischem Kupfercarbonat [$Cu_2 C O_5 H_2$] in Gestalt eines blaugrünen Niederschlages, welcher in Ammoniak löslich ist. Anderntheils ist ein Kupferoxydammoniak, zu dem das Kupferhydroxyd aus mit einem Ammoniaksalz versetzter Lösung von Kupfersulfat gefällt war, wirksamer. Die nachstehende Darstellungsmethode vermeidet das erste und liefert ein intensiv wirkendes Reagenz. — Es werden 2 Gramm ganz reinen, krystallisirten Kupfersulfates in 100 cc destillirten Wasser gelöst und der Lösung einige Tropfen einer concentrirten Chlorammonlösung zugesetzt. Man bereitet darauf eine schwache Kalilösung aus 1 Gramm Kaliumhydroxyd und 100 cc destillirtem Wasser und setzt wenig Barytwasser zu, wodurch das etwa in derselben enthaltene Kaliumcarbonat in Baryumcarbonat verwandelt wird und als weisser Niederschlag ausfällt. Beide Lösungen werden zusammengegossen, worauf Kupferhydroxyd ausgefällt wird, welches man absetzen lässt, die überstehende Flüssigkeit abgiesst, durch destillirtes Wasser ersetzt, dieses einigemal wiederholt und schliesslich filtrirt. Nöthigenfalls muss man den Filterrückstand solange mit Wasser auswaschen, bis Barytwasser keinen weissen Niederschlag mehr im Waschwasser erzeugt. Das noch feuchte Kupferhydroxyd bringt man in ein passendes Gefäss und übergiesst mit wenig, ganz concentrirter Ammoniakflüssigkeit, bis sich eben alles Hydrat gelöst hat und filtrirt schliesslich durch Glaswolle. Hierbei bleiben die in Ammon unlöslichen Baryumsalze [Sulfat und Carbonat] zurück, gewöhnlich auch eine geringe Menge von Kupferoxyd [Cu O].

Das Reagenz ist am besten frisch dargestellt zu verwenden; jedenfalls muss es im Dunkeln aufbewahrt werden, da es sich, wie bemerkt, im Lichte schnell zersetzt. — Es dient zur Nachweisung von Cellulose[21]).

17. Quecksilberchlorid [Sublimat]. — $Hg Cl_2$

Ist im Handel genügend rein in weissen, glänzenden Kryställchen zu erhalten; wird in sehr verdünnten, wässerigen und alkoholischen Lösungen angewandt, z. B. 1 $Hg Cl_2$ + 100 $H_2 O$ oder 2 $Hg Cl_2$ + 100 $C_2 H_6 O$ [Pfeffer]. Dippel[22]) wendet zum Studium des Protoplasma eine noch verdünntere, wässerige Sublimatlösung an [1 $Hg Cl_2$ + 500 $H_2 O$].

---

[21]) Zu demselben Zwecke kann man übrigens auch, wenn auch minder vortheilhaft, eine Lösung von basisch schwefelsaurem Kupferoxyd in Ammoniak [Schweizer], sodann von basischem Kupfercarbonat in Ammoniak, endlich auch Nickeloxydammoniak [Schacht] verwenden.

[22]) Dippel Mikrosk. Bd. I. pag. 282.

18. Millon'sches Reagenz [Liqueur nitromercurique]. — $Hg_2\,2\,NO_3 + Hg\,2\,NO_3 + HNO_3$

Die Darstellung dieses Reagenzes [Quecksilbernitrat und Quecksilbernitrit in saurer Lösung] geschieht nach dem Entdecker, E. Millon [23]) auf folgende Weise: „Man bereitet die Flüssigkeit, indem man auf das reine Metall das gleiche Gewicht Salpetersäure giesst, welche $4^1/_2$ Aequivalente Wasser enthält. Die Reaction tritt schon in der Kälte lebhaft ein, wenn sie sich verlangsamt, erhitzt man sehr gelinde bis zur vollständigen Lösung des Metalles, unterbricht dann aber sofort und fügt zwei Volumina destillirten Wassers auf ein Volumen der Quecksilberlösung. Nach einigen Stunden decantirt man den über der krystallinischen Mischung von Quecksilbernitrat und -nitrit stehenden flüssigen Theil. Diese Flüssigkeit reagirt in der Kälte auf die Eiweisssubstanzen, jedoch ist die Reaction erst bei 60 bis 70° vollständig; es ist selbst gut, die Mischung sogleich zum Kochen zu bringen. Eine fortgesetzte Berührung mit dem Reagenz verändert die rothe Materie nicht. Es muss bemerkt werden, dass das Reagenz weder im Quecksilbernitrat, noch im Quecksilbernitrit, noch in ihrer Mischung zu suchen ist. Es ist nöthig, dass man der diese beiden Salze enthaltenden Lösung Salpetersäure zusetzt; vorher erhält man keine Färbung. Das reine Quecksilbernitrat, welches mit Salpetersäure gesättigt wurde, reagirt ähnlich aber viel weniger gut als die Mischung der beiden mit Salpetersäure gesättigten Salze".

Nach Hartig [24]) kann man das „salpetersaure Quecksilberoxydoxydul" auch bereiten durch Auflösen von Quecksilber in dem gleichen Gewichtstheile von concentrirter rauchender Salpetersäure; die Lösung wird dann mit gleichen Volumtheilen Wasser gemischt.

Das Reagenz darf, da es Säuredämpfe ausstösst, nur unter grossen Deckgläsern angewandt werden. — Es dient vornehmlich zur Nachweisung von Eiweissstoffen.

19. Osmiumsäure [Ueberosmiumsäure]. — OsO_4

Die Osmiumsäure oder Ueberosmiumsäure, wie sie in der Mikroskopie gewöhnlich genannt wird, bildet farblose, glänzende Krystallnadeln, die in sehr schwacher, wässeriger Lösung verwandt werden.

---

[23]) E. Millon, Sur un réactif propre aux composés protéiques [Annales de Chimie et de Physique III^e Sér., tome XXIX, 1850, pag. 507 ff.].

[24]) Hartig l. c. pag. 154 — cfr. auch Dippel l. c. Bd. I. pag. 281, Poulsen l. c. pag. 29 f. [Uebers. pag. 35]; — Nägeli und Schwendener l. c. pag. 475.

Die Lösung dieses kostspieligen Reagenzes [1 g = 8 bis 10 ℳ] riecht sehr unangenehm, chlorartig, die von derselben ausgestossenen Dämpfe greifen die Nasenschleimhaut und die Augen sehr an. Die Stärke der Lösungen schwankt zwischen 0·1 bis 1 %. — Poulsen[25]) empfiehlt ein Gemisch von 9 Th. 0·25 procentiger Chromsäure und 1 Th. 1 procentiger Osmiumsäure zur Präparation junger, meristematischer Gewebe.

Die Osmiumsäure findet als mikroskopisches Reagenz vielfache Anwendung, zur Nachweisung von Fetten und Oelen, zum Studium des Protoplasma und Zellkerns [Strasburger], zur Erhärtung des Zellinhaltes etc.

B. Organische Verbindungen.

20. Alkohol [Aethylalkohol]. — $C_2H_5.HO$

Wird sowohl im wasserfreien Zustande [absoluter Alkohol] als auch in verschiedenen Verdünnungsgraden mit Wasser, ferner mit Glycerin [cfr. pag. 149] und Kali [cfr. pag. 161 und 242] angewandt. Ist genügend rein überall käuflich. — Er findet in der Mikroskopie die ausgedehnteste Anwendung, zur Erhärtung von Zellwänden und Zellinhalt [cfr. pag. 148], zum Nachweis von Asparagin, Inulin u. a.

21. Aether [Aethyläther]. — $[C_2H_5]_2O$

Der käufliche Aether [Schwefeläther] findet als solcher vielfach Verwendung, so um Präparate, welche in Canadabalsam eingeschlossen werden sollen, zu trocknen [cfr. pag. 182], um Harze, Fette und ätherische Oele in Pflanzenzellen in Lösung zu bringen.

22. Essigsäure [Eisessig]. — $C_2H_4O_2$

Die concentrirte Essigsäure, der sogenannte Eisessig, findet als solcher Anwendung oder aber in mässigen Verdünnungsgraden; z. B. 1 Vol. Säure auf 2, 3 oder 4 Vol. Wasser. Ganz schwache [1 %] wässrige Lösungen werden gebraucht beim Studium des Zellkerns [Strasburger]. — Die Essigsäure wird auch angewandt beim Hanstein'schen Aufhellungsverfahren [cfr. pag. 161], zum Nachweis von oxalsauren und kohlensauren Salzen, zum Sichtbarmachen von Zellkernen.

23. Kupferacetat. — $Cu[C_2H_3O_2]_2$.

Ziemlich reines, krystallisirtes Kupferacetat ist im Handel zu haben; man reinigt es durch mehrmaliges Umkrystallisiren. In der Mikroskopie

[25]) Poulsen l. c. Uebers. pag. 19.

wendet man eine gesättigte wässerige Lösung an[26]) dieselbe wird zur Nachweisung von Terpenharzen benützt.

24. Nitroprussidnatrium. — $Na_2FeC_5N_5(NO) + 2H_2O$

Man wendet das käufliche, krystallisirte Salz an, welches in luftdicht schliessenden Gläsern aufzubewahren ist. Es wird in frisch bereiteter wässriger Lösung selten angewandt, um [z. B. bei Bacterien] freien Schwefel nachzuweisen.

25. Ferrocyankalium [gelbes Blutlaugensalz]. — $K_4Fe(CN)_6$

Wird in seltenen Fällen gleichfalls in wässeriger Lösung zur Nachweisung von Eisen gebraucht; es kann auch durch eine alkoholische Lösung von Rhodankalium [CN.SK] ersetzt werden [Poulsen].

26. Oxalsäure. — $C_2H_2O_4$

Die käufliche, krystallisirte Säure wird zweckmässig durch Umkrystallisiren gereinigt [cfr. pag. 231]; sie findet in wässeriger wie in alkoholischer Lösung häufiger Verwendung, auch beim Tingiren von Schnitten, wie später noch erwähnt werden wird.

27. Asparagin. — $C_2H_3(NH_2)\begin{matrix}COOH\\CO.NH_2\end{matrix}$

Eine concentrirte, wässerige Lösung des Asparagins wird von Borodin[27]) benutzt, um Asparaginkrystalle in etiolirten Pflanzengeweben nachzuweisen. Nach Poulsen[28]) bereitet man das Asparagin am besten durch Eindampfen des ausgekochten und filtrirten Saftes junger, etiolirter Leguminosenkeimpflanzen [*Lupinus*], oder durch Eindampfen von dialysirtem wässerigen Auszug von Althaeawurzel; das Asparagin krystallisirt dann aus.

28. Rohrzucker. — $C_{12}H_{22}O_{11}$

Dieser Stoff wird am zweckmässigsten in der Lösung, wie ihn die Officinen unter dem Titel Syrupus simplex führen, in der mikroskopischen Analyse angewandt. Er dient, wie zuerst von Raspail [s. u.] gefunden wurde, mit Schwefelsäure zur Nachweisung von Proteïnsubstanzen.

---

[26]) Franchimont in Archives Néerlandaises t. VI., 1871, pag. 427.
[27]) Borodin in Botan. Zeitung 1878, pag. 804.
[28]) Poulsen, l. c. pag. 34 [Uebers. pag. 40].

29. Anilinfarbstoffe.

In der neueren und neuesten Zeit sind zahlreiche Anilinfarben zur Tingirung von Schnitten durch Pflanzengewebe empfohlen worden, nachdem das Anilin von Hanstein als histologisches Reagenz in die botanische Mikroskopie eingeführt worden war. Jetzt ist bereits eine ganze Reihe von Anilinfarben als Tinctionsmittel vorgeschlagen worden, z. B. Anilingrün [Methylgrün], Methylviolett [Violet de Paris], Fuchsin, Jodgrün, Anilinbraun, Bismarckbraun, Saffranin, Magdala, Gentianaviolett u. a. Im Folgenden werden wir jedoch nicht alle vorgeschlagenen Tinctionsmethoden wiedergeben. Viele derselben — welche man zumal in England und Amerika ausfindig gemacht hat — gehören nicht in ein wissenschaftliches Werk, sondern bieten nur das Mittel zu einer ganz netten Spielerei, da sie wohl dem zu betrachtenden Schnitte eine schöne Färbung geben, aber nicht im Stande sind, irgend welche histologische Verhältnisse klar zu legen. Wem an Recepten für diese Schönfärbemittel gelegen ist, mag sie in englisch geschriebenen mikroskopischen Zeitschriften nachsehen, die gewöhnlich davon wimmeln. Wir erwähnen hier nur:

1. Hanstein's Anilingemisch[29]). Hanstein's Methode der Anilintinction ist noch heute die am meisten gebräuchliche. Sein Anilingemisch wird auf folgende Weise dargestellt. Es werden gleiche Theile Anilinfuchsin und Methylviolett[30]) pulverisirt und innig gemischt; sie stellen nun ein trübviolettes Pulver dar. Von diesem Gemisch löst man so viel in absolutem Alkohol, bis eine concentrirte Lösung entsteht, welche, im Glasgefässe aufbewahrt, vollkommen schwarz mit einem metallischen Purpurschimmer erscheint. Diese concentrirte Lösung ist für die meisten Zwecke direct anwendbar. Für manche sich sehr stark färbende Gewebe gebraucht man anstatt dieser concentrirten Anilinlösung eine solche, welche mit absolutem Alkohol verdünnt ist. Man kann je nach dem Object verschiedene Verdünnungsgrade wählen, die verdünnteste Lösung mag soviel Anilin enthalten, dass man durch dieselbe bequem hindurchsehen kann, wenn sie sich in einem Reagenzcylinder mittleren Calibers befindet.

Die Methode der Tingirung ist bei allen Anilingemischen wesentlich dieselbe; sie soll daher hier gleich kurz angedeutet werden.

---

[29]) Hanstein in Sitzungsber. d. natur. Ver. der pr. Rheinlande u. Westfalens 1868. — Botan. Zeitung 1868 pag. 708 ff.

[30]) Oder 2 Th. Anilinfuchsin und 1 Th. Methylviolett.

a. Man giesst einige Tropfen der Anilinlösung in ein Uhrgläschen und bringt den vorher in absoluten Alkohol gelegten Schnitt auf einige Augenblicke hinein, was am besten bewerkstelligt wird, indem man ihn mit der Pinzette festhält. Sodann taucht man ihn wiederholt in absoluten Alkohol bis alles anhaftende Anilin verschwunden ist und überträgt ihn nun auf den Objectträger in Wasser oder Glycerin. — Oder:

b. Man überträgt den aus absolutem Alkohol geholten Schnitt auf den Objectträger und entfernt mit Filtrirpapier oder dergl. allen überschüssigen Alkohol, wobei jedoch der Schnitt nicht trocken werden darf. Nun giebt man zu demselben einen grossen Tropfen der [ziemlich oder ganz concentrirten] Anilinlösung und lässt denselben soweit eintrocknen, bis der Schnitt eben noch feucht ist. Darauf wird der Schnitt so lange mit absolutem Alkohol beträufelt, bis alles anhaftende Anilin gelöst und fortgespült ist; den abfliessenden Alkohol lässt man durch Schräghalten des Objectträgers in ein darunter gestelltes Gefäss ablaufen. Nach Beendigung des Auswaschens setzt man einen Tropfen Wasser oder Glycerin zu und bedeckt mit dem Deckglase [nach mündlicher Mittheilung Hanstein's].

2) Anilinfuchsinlösung. Sie wird dargestellt durch Lösen von Fuchsin in absolutem Alkohol [31]) oder in gleichen Theilen Wasser und Alkohol [32]). Letztere soll sich zum Nachweis verkorkter Membranen eignen.

3) Frey's Fuchsinlösung [33]) besteht aus 0·01 Gramm krystallisirtem Fuchsin, 20 bis 25 Tropfen absolutem Alkohol und 15 cc Wasser. — Lässt sich auch für pflanzliche Gewebe anwenden, zum Vergleich mit dem durch Hanstein's Anilin hervorgebrachten Effect. — Die entsprechende blaue Flüssigkeit wird dargestellt durch Auflösen von 0·02 Gramm in Wasser löslichem Anilinblau in 20 bis 25 Tropfen absoluten Alkohol und 25 cc Wasser [34]).

4) Methylviolett von Koch [35]). Wenige Tropfen einer concentrirten Lösung von Methylviolett in absolutem Alkohol werden mit etwa 20 Gramm destillirtem Wasser versetzt, wodurch eine intensiv gelb ge-

---

[31]) Poulsen l. c. pag. 40, [Uebers. pag. 48].

[32]) Olivier in Bull. de la Soc. bot. de France, t. XXVII, 1880, pag. 234 f.

[33]) Frey l. c. pag. 97.

[34]) Frey l. c. pag. 98.

[35]) Koch in Cohn's Beitr. z. Biologie d. Pfl. Bd. II, pag. 406.

färbte Flüssigkeit entsteht. Die Flüssigkeit dient zum Färben von Bacterien [s. u.], nach beendigter Tinction wird das Präparat mit Wasser oder verdünnter Kaliumacetatlösung abgespült. — Zu gleichem Zwecke ist auch Anilinbraun empfohlen worden.

5) Methylgrün in nicht zu concentrirter Lösung ohne [Treub] oder mit [Strasburger] 1procentiger Essigsäure dient zum Grünfärben von Zellkernen wie von Chlorophyllkörnern [Hanstein].

6) Pikroanilin[36]). 2 bis 3 cc einer gesättigten Lösung von Anilinblau [Bleu de nuit] werden mit 50 cc einer gesättigten, wässerigen Lösung von Pikrinsäure vermischt. — [Wohl vorzugsweise für thierische Gewebe, von mir nicht nachgeprüft[37])].

30. Anilinsulfat. — $2\,C_6H_7N\,.\,SO_4H_2$

Dieser Stoff, welcher im Handel bezogen werden kann, stellt ein violett-braunes Pulver dar. Es wird in concentrirter, wässeriger Lösung angewandt[38]). Zweckmässig ist es, diese Lösung mit Schwefelsäure etwas anzusäuren. Die Lösung kann jahrelang unverändert aufbewahrt werden, ohne dass sie ihre Wirkung verliert. — Sie färbt ligninhaltige Zellwände goldgelb.

Nach Wiesner[39]) ist das Anilinsulfat des Handels genügend rein, während v. Höhnel[40]) dies bestreitet und an dessen Stelle das salzsaure Anilin angewandt wissen will. Er löst dieses in Wasser und säuert stark mit Salzsäure an. Auch alkoholische Anilinsalzlösung und nachträglicher Zusatz von Wasser soll sich empfehlen.

---

[36]) Bachmann Leitf. z. Anfert. mikr. Dauerpräparate. München 1879, pag. 28.

[37]) Cfr. auch W. Stirling in Journ. of Anat. and Physiol., vol. XV, 1881, pag. 349—354, welcher zahlreiche complicirte Tinctionsmittel vorschlägt, nämlich Pikrocarmin und Anilin, Pikrocarmin und Jodgrün, Eosin und Jodgrün, Goldchlorid und Anilin [Alles nicht nachgeprüft]. — Cfr. ferner Journ. of the royal Microsc. Soc., ser. II, vol. I, pag. 527 ff., endlich l. c. pag. 868, wo Richardson vorschlägt, vegetabilische Gewebe mit Atlas-Scharlach, lösl. Anilinblau, Jodgrün und Malachitgrün zu färben.

[38]) Burgerstein in Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien Bd. LXX, 1. Abth., 1874, pag. 341.

[39]) Wiesner, ebendaselbst; Bd. LXXVII, 1 Abth., 1878, pag. 60.

[40]) v. Höhnel, ebendaselbst; Bd. LXXVI, 1. Abth., 1877, pag. 527.

31. Phenol [Carbolsäure]. — $C_6H_5.OH$

Findet als solche sehr selten Verwendung, ist aber in neuester Zeit im Verein mit Salzsäure [Phenolsalzsäure] als Reagenz auf Holzstoff [Grünfärbung] von v. Höhnel[41]) vorgeschlagen worden.

Die Phenolsalzsäure Höhnel's stellt eine concentrirte Auflösung von krystallisirtem, möglichst reinem Phenol in concentrirter Salzsäure dar, welche man in der Weise bereitet, dass man das Phenol in der Wärme in möglichst wenig Salzsäure auflöst und während des Erkaltens soviel Salzsäure langsam hinzufügt, als nothwendig ist, um die entstehende Trübung verschwinden zu lassen.

32. Phloroglucin [Trioxyhydrobenzol]. — $C_6H_3.(OH)_3$

Dieser im Pflanzenreiche weit verbreitete[42]) Körper stellt im reinen Zustande kleine, hellgelbliche, durchscheinende Krystalle dar, welche in Wasser wie in Alkohol löslich sind. Das Phloroglucin bildet zur Zeit eines der besten Mittel, um verholzte Zellwände nachzuweisen; die im Folgenden wiedergegebene Entdeckungsgeschichte des Reagenzes ist nicht uninteressant.

v. Höhnel[43]) versetzte den Schnitt eines Zweiges von *Salix purpurea* mit Salzsäure und bemerkte, dass sich die in demselben vorhandenen verholzten Membranen intensiv violett färbten. Er schrieb diese Färbung einem im Pflanzenreiche häufig vorkommenden Stoffe zu, den er Xylophilin nannte, und dessen Vorhandensein er in 143 Pflanzenspecies constatirte. Wiesner[44]) untersuchte später das Xylophilin Höhnel's genauer und fand, dass es ein Gemenge von Phloroglucin und Brenzkatechin sei. Weiterhin stellte sich hierbei heraus, dass das Phloroglucin ein höchst empfindliches Reagenz auf Holzsubstanz ist, und dass umgekehrt verholzte Gewebe bei Anwendung von Salzsäure als höchst empfindliches Reagenz auf Phloroglucin dienen können.

Das Phloroglucin wird in wässeriger oder alkoholischer Lösung verwandt; Wiesner empfiehlt [l. c.] eine 9procentige, doch geben auch 0·01-, 0·005-, selbst 0·001procentige Lösungen die in Rede stehende Reaction.

---

[41]) v. Höhnel, l. c., pag. 528, pag. 700 ff.

[42]) Th. v. Weinzierl, Ueber die Verbreitung des Phloroglucins im Pflanzenreiche [Oesterr. Bot. Zeitschr. 1876, pag. 285—304].

[43]) F. v. Höhnel, Histochem. Unters. üb. das Xylophilin u. das Coniferin [Sitzungsber. k. k. Akad. Wien, Bd. LXXVI, 1. Abth. 1877, pag. 663—716].

[44]) J. Wiesner. Note über das Verhalten des Phloroglucins und einiger verwandter Körper zu verholzten Zellmembranen [ebendaselbst, Bd. LXXVII, 1 Abth. 1878, pag. 60—66].

Da das Phloroglucin zur Zeit ein sehr kostbarer Körper ist, der nicht Jedem zu Gebot[45]) steht, so kann man nach v. Höhnel auch einen phloroglucinhaltigen Kirschholzextract verwenden, der auf folgende Weise[46]) bereitet wird: Nicht zu dünne Kirschenzweige werden entschält, in Bündel fest zusammengebunden und mit Hilfe eines Hobels in feine Späne verwandelt. Diese werden mit Weingeist übergossen, 24 Stunden hindurch stehen gelassen, um das Chlorophyll wenigstens theilweise auszuziehen, welches sehr störend ist. Da die ganz dünnen Zweige sehr reich an letzterem sind, so eignen sie sich zur Xylophilindarstellung nicht. Die ausgepressten Späne werden nochmals mit Weingeist übergossen und nun einige Tage unter öfterem Durchmischen stehen gelassen, dann das Extract filtrirt und das Lösungsmittel fast gänzlich verjagt, soweit nämlich, bis ein Stück holzstoffreiches Fliesspapier damit und mit Salzsäure befeuchtet, sich rasch und intensiv violett färbt. Man erhält auf diese Weise eine braune, kampferähnlich riechende Flüssigkeit.

33. Indol. — NC_8H_7

Dieser höchst unangenehm riechende Stoff[47]) ist kürzlich von Niggl[48]) als Reagenz auf verholzte Zellmembranen empfohlen worden. Es lässt sich nicht in alkoholischer Lösung anwenden, welche nach einigen Tagen verdirbt. Es löst sich in Wasser nur wenig; einige Krystallplättchen genügen zu einer Lösung, mit der man monatelang arbeiten kann; am besten stellt man diese Lösung in warmem Wasser dar. Es wird im Verein mit Schwefelsäure vom spec. Gew. 1·2 angewandt, letztere entsteht, wenn 1 Vol. engl. Schwefelsäure mit 4 Vol. Wasser verdünnt wird [cfr. pag. 236].

34. Eosin. — $C_{20}H_8Br_4O_5$

Dieser im Handel arsenfrei zu beziehende Farbstoff wird nach Poulsen[49]) angewandt, um Bacterien zu färben und zwar in schwacher, wässeriger Lösung. Auch soll er sich nach genanntem Autor eignen, um todtes Protoplasma rosenroth zu färben. Ist kürzlich auch zu Doppel-

---

[45]) Zu beziehen von Dr. Schuchardt, Görlitz, Schlesien.

[46]) v. Höhnel l. c. pag. 685.

[47]) Baeyer in Ann. Chem. Pharm. Bd. CXL, pag. 1 ff., pag. 295 f.

[48]) M. Niggl, Das Indol ein Reagenz auf verholzte Zellmembranen. Mikrochemische Untersuchungen [Flora 1881, pag. 545—559, pag. 561—566].

[49]) Poulsen, Om nogle mikroskopiske Planteorganismer; Nat. Foren. vidensk. Medd. Köbenhavn 1879—80 pag. 235. [Separatabz. pag. 7]; Botanisk Mikrokemi pag. 39 [Uebers. pag. 47].

färbungen für Gewebe höherer Pflanzen empfohlen worden [50]), welche Methode übrigens der Nachprüfung bedarf.

35. Hämatoxylin. — $C_{16}H_{14}O_6 + 3H_2O$

Ist völlig rein im Handel zu beziehen, Böhmer führte dasselbe in die Histologie ein. Frey [51]) giebt folgende Vorschrift zur Bereitung der Hämatoxylinlösung. Man löst etwa 1 Gramm des Farbstoffes in absolutem Alkohol. Sodann bereitet man sich eine Alaunlösung, indem man 0·5 bis 1 Gramm desselben in 30 cc destillirtem Wasser löst. In diese trägt man tropfenweise die alkoholische Lösung des Hämatoxylin ein, bis man eine tief violette Färbung gewinnt. Die Flüssigkeit muss nun einige Tage an der Luft stehen bleiben und dann filtrirt werden, auch später ist eine neue Filtration von Zeit zu Zeit nöthig. Dauer der Tinction 5 bis 30 Minuten. Das Auswaschen geschieht mit destillirtem Wasser. Ueberfärbte Präparate können durch Einlegen in Alaunlösung heller und blauer erhalten werden.

Nach Poulsen [52]) soll man 0·35 Gramm Hämatoxylin in 10 Gramm Wasser lösen und wenige Tropfen einer Alaunlösung bestehend aus 3 Gramm Alaun und 30 Gramm Wasser hinzufügen.

Hinzugefügt mag werden, dass die Hämatoxylinlösung um so intensiver färbt, je mehr Alaun sie enthält; zugleich wird aber der Schnitt um so brüchiger.

Poole [53]) macht Doppelfärbungen vegetabilischer Gewebe mit Hämatoxylin und verdünnter Anilinlösung.

Für thierische Gewebe empfiehlt Frey [54]) nach Stralzoff Doppelfärbung mit Hämatoxylin und ammoniakarmer Carminlösung [s. u. pag. 256 f.], welche Methode sich wahrscheinlich auch für pflanzliche Gewebe anwenden lässt. Man färbt die Schnitte mit Hämatoxylinlösung, wäscht sie mit destillirtem Wasser aus und legt sie in die Carminflüssigkeit. Nachdem sie nochmals ausgewaschen sind, können sie schliesslich der Einwirkung einer schwachen Alaunlösung unterworfen werden. Sie halten sich in Glycerin nur schlecht.

---

[50]) Amer. monthly microsc. Journ. 1880 pag. 81 ff.

[51]) Frey l. c. pag. 99.

[52]) Poulsen l. c. pag. 38 [Uebers. pag. 46].

[53]) Poole in Quart. Journ. of Microsc. Science, new ser., vol. XV, 1875, pag. 375 ff.

[54]) Frey l. c. pag. 101. — Cfr. ferner Brandt in Biolog. Centralbl. 1881, pag. 202 ff.

Nach Schmitz [55]) eignen sich in Pikrinsäure erhärtete Präparate vorzüglich zur Tinction mit Hämatoxylin [s. u.].

Das Hämatoxylin färbt Zellkerne tief blau [56]) und kann auch zum Färben von Bacterien [57]) verwandt werden.

36. Cochenilleextract.

Ein in der Wärme bereiteter, wässeriger Auszug der pulverisirten Blattläuse enthält Carminsäure [$C_{17}H_{18}O_{10}$] und kann zum Tingiren pflanzlicher Gewebe benutzt werden. Er ist aber dem Schimmeln sehr ausgesetzt und wird deshalb zweckmässig unter Zusatz einiger Tropfen Carbolsäure aufbewahrt. Vor dem Gebrauch kann man etwas Essigsäure oder Alaunlösung zufügen.

Kürzlich hat Czokor [58]) eine Cochenille-Carminlösung empfohlen, welche sich durch längere Haltbarkeit auszeichnet. Man verreibt 1 Gramm Cochenille mit 1 Gramm gebranntem Alaun zu einem feinen Pulver. Sodann fügt man 100 cc destillirtes Wasser zu und kocht das Ganze bis auf etwa 60 cc ein. Man lässt abkühlen, setzt ganz wenig Carbolsäure zu und filtrirt mehrmals. Die erhaltene klare Lösung ist schön carminfarbig, sie ist etwa 6 Monate ohne jede Veränderung haltbar. Alsdann setzt man wieder etwas Carbolsäure zu und filtrirt sie.

Die Cochenille färbt Bastelemente, jedoch auch manche Holzzellen, Proteïnkörper und Zellkerne.

37. Carminlösungen [Carminroth — $C_{11}H_{12}O_7$].

Das käufliche Carmin ist derjenige Farbstoff, mit welchem zuerst, und zwar von Th. Hartig, Tingirungen anatomischer Präparate versucht worden sind. Hartig ist also als der Erfinder der Tinctionsmethoden anzusprechen [cfr. pag. 220]. Seit der Einführung des Färbemittels ist es von zahlreichen Forschern in den verschiedensten Mischungen angewandt worden, von denen die wichtigsten die folgenden sind:

1. Hartig's Carmin-Ammoniak [59]). Käuflicher Carmin wird mit Wasser angerührt, dann tropfenweise soviel Ammoniakflüssigkeit

---

[55]) Schmitz in Sitzungsber. der niederrh. Gesellsch. Bonn 1880. Jahrg. XXXVII. pag. 160.

[56]) Johow, Die Zellkerne der höheren Monokotylen. Bonn 1880 pag. 9.

[57]) Koch in Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pfl. Bd. II, pag. 421. — Poulsen l. c.

[58]) Joh. Czokor im Archiv für mikrosk. Anatomie. Bd. XVIII, 1880, pag. 412 ff.

[59]) Th. Hartig, Entwicklungsgesch. d. Pflanzenk. pag. 154. — Dippel l. c. Bd. I. pag. 284. — Poulsen l. c. pag. 36, [Uebers. pag. 43].

zugesetzt, bis vollständige Lösung erfolgt ist. Die Lösung wird darauf filtrirt und bei sehr gelinder Wärme bis zur Trockne abgedampft. So zubereitetes Carmin-Ammoniak löst sich in Wasser auf und erhält sich jahrelang auch als wässerige Lösung unzersetzt.

2. Gerlach's carminsaures Ammoniak[60]). Nach Frey[61]) bereitet man dasselbe am besten auf folgende Weise. Es werden 0·2 bis 0·4 Gramm Carmin mit 30 cc. Wasser angerührt und wenige Tropfen Ammoniak zugesetzt. Hierdurch löst sich ein Theil des Carmins und wird mit der Flüssigkeit abfiltrirt. Ein anderer Rest des ungelösten Carmins, der auf dem Filter zurückbleibt, kann zu späterer Benutzung verwendet werden. Riecht das Filtrat irgendwie merklich nach Ammoniak, so lässt man es zum weiteren Entweichen des letzteren noch einen halben oder ganzen Tag unter einer Glasglocke stehen. Setzt sich nach einiger Zeit körniger Carmin ab, so dient ein Tropfen Ammoniakflüssigkeit zur Wiederauflösung. Die so gewonnene Masse wird bei einer beabsichtigten Färbung nun tropfenweise in Wasser eingetragen, um so nach Belieben ein bald lichteres, bald intensiveres Roth zu gewinnen.

3. Frey's Glycerin-Carmin[62]). Es werden 0·2 bis 0·4 Gramm Carmin in der gerade erforderlichen Menge Ammoniak gelöst und 30 cc. destillirtes Wasser zugesetzt. Der filtrirten Flüssigkeit werden 30 Gramm gutes Glycerin und 8 bis 11 Gramm starker Alkohol zugefügt. Man benutzt die Tinctur entweder unvermischt oder mit weiterem Glycerinzusatz.

4. Oxalsäure-Carmin von Thiersch[63]). 1 Gramm Carmin wird in 1 cc Ammoniak gelöst und mit 3 cc destillirtem Wasser versetzt. Darauf löst man 8 Gramm krystallisirte Oxalsäure in 175 cc destillirtem Wasser und vermischt beide Lösungen, indem man noch 16 cc absoluten Alkohol hinzufügt; darauf wird filtrirt. Besitzt das Filtrat eine Orangefärbung, welche von zu grossem Oxalsäurezusatz herrührt, so kann diese durch vorsichtiges Zutröpfeln von Ammoniak beseitigt werden. Setzen sich nachträglich im Filtrate Krystalle von Ammoniumoxalat ab, was bei Zusatz von Ammoniak oder Alkohol geschieht, so muss zum zweiten Male filtrirt werden, auch ist später zeitweiliges Filtriren angezeigt. —

---

[60]) Gerlach, Mikrosk. Studien aus d. Gebiete der menschl. Morphologie. Erlangen 1858.

[61]) Frey l. c. pag. 93.

[62]) Frey l. c. pag. 94.

[63]) Frey l. c. pag. 94. — Dippel l. c. Bd. I, pag. 285. — Poulsen l. c. pag. 36 f., [Uebers. pag. 43]. — Bachmann l. c. pag. 62.

Die Tinctur färbt sehr schnell; den später am Object anhaftenden Farbstoff spült man mit Alkohol von 80 % ab. Ist die Färbung zu dunkel oder diffus geworden, so laugt man das Präparat mit einer weingeistigen Oxalsäurelösung aus.

5. Borax-Carmin von Thiersch [64]). 2·0 Gramm Borax werden in 28 cc destillirtem Wasser gelöst und 0·5 Gramm pulverisirter Carmin zugegeben. Zu der entstehenden rothen Lösung setzt man dann noch 60 cc absoluten Alkohol und filtrirt. [Auf dem Filter bleibt ein Gemenge von Carmin mit Borax zurück, welches später, in destillirtem Wasser gelöst, zu einer neuen Bereitung dienen kann]. Zum Auslaugen dienen weingeistige Lösungen von Oxalsäure oder Borsäure. — Diese Mischung färbt zwar etwas langsamer, aber sehr schön. Nach Frey [l. c.] soll man die schönsten Färbungen erhalten, wenn man mit Borsäure imprägnirte Präparate auf einen Augenblick in die Lösung legt. — Das Studium vegetabilischer Zellkerne wird nach Strasburger ganz wesentlich nach Einwirkung dieses Carmingemisches erleichtert, die Färbung lässt die Kernbilder meist sehr schön hervortreten; die Präparate werden unter Glycerin beobachtet und in diesem oder aber in Glyceringelatine eingeschlossen.

6. Carminlösung von Beale [65]). Man giebt 0·6 Gramm pulverisirtes Carmin in einem Reagenzcylinder, übergiesst mit 2·3 cc concentrirter Ammoniakflüssigkeit und erhitzt. Nach erfolgter Lösung des Carmin lässt man etwa eine Stunde lang stehen und giesst sodann die rothe Flüssigkeit in ein Gemisch, welche aus 60 cc Wasser, 47·5 cc concentrirtem Glycerin und 19 cc absolutem Alkohol dargestellt wurde. Man rührt mit dem Glasstabe um, lässt eine Zeitlang stehen und filtrirt.

Zum Studium des protoplasmatischen Zellinhaltes bei Fadenalgen [*Spirogyra*] soll man nach Strasburger [66]) die Fäden mindestens vier Stunden lang in einprocentige Chromsäurelösung legen, dann in destillirtem Wasser wiederholt abspülen und in ein mit Beale'schem Carmin und Campher versetztes Gemisch von etwa 8 Theilen Wasser, 1 Theil Glycerin und 1 Theil Alkohol legen. Hier erfolgt nach einiger Zeit eine rosa Färbung des protoplasmatischen Inhaltes der Zellen, welche die feineren Structurverhältnisse desselben deutlicher macht.

---

[64]) Frey l. c. pag. 95. — Dippel l. c. Bd. I, pag. 285. — Strasburger, Zellbild u. Zelltheilung, 1880. pag. 9.

[65]) Nach Frey l. c. pag. 95. — Poulsen l. c. pag. 37, [Uebers. pag. 44].

[66]) Strasburger l. c. pag. 172.

7. Grenacher's Alaun-Carmin [67]). Eine ausgezeichnete Tinctionsflüssigkeit für Zellkerne stellt der Alaun-Carmin dar, welcher nach Grenacher auf die Weise bereitet wird, dass man 1 bis 5 g Kaliumalaun oder Ammoniumalaun nebst 0·5 bis 1 Gramm pulverisirtem Carmin in 100 cc Wasser löst. Eine ähnliche Composition, welche sowohl Kerne als auch Cellulosemembranen färbt, empfiehlt Tangl [68]): „Es wird Alaun in Wasser bis zur Sättigung aufgelöst; man versetzt nun die Lösung mit einer beliebigen Menge Carmin, kocht circa 10 Minuten lang und filtrirt nach dem Erkalten". Die Tinction der Membranen dauert 5 bis 10 Minuten; dieselbe hält sich sehr gut in Glycerin, und es gestattet daher die Anwendung derselben der Herstellung sehr instructiver Präparate. Um reine Präparate zu erhalten, ist es sehr zu empfehlen, die Pflanzentheile, denen die zu tingirenden Schnitte entnommen werden sollen, vorher in absolutem Alkohol zu härten, wodurch nicht nur die Imbibition der Farbstofflösung beschleunigt, sondern auch der noch weitere Vortheil erreicht wird, dass die tinctionsfähigen Inhaltskörper im Zelllumen unverändert zurückbleiben.

8. Saure Carminlösung von Schweigger-Seidel [69]). Eine gewöhnliche, ammoniakalische Carminlösung wird mit Essigsäure im Ueberschuss versetzt und filtrirt. Die so erhaltene Tinctur färbt zunächst diffus. Man legt die gefärbten Präparate nun in Glycerin, dem $^1/_{200}$ Salzsäure zugesetzt war, worauf sich die Zellkörper allmählich entfärben und nur die Kerne das Carmin zurückhalten. Zum Einschluss in Glycerin wäscht man vorher mit essigsäurehaltigem Wasser ab.

Alle Carminmischungen dienen vornehmlich zum Tingiren stickstoffhaltiger, hauptsächlich protoplasmatischer Substanzen. Zumal der Zellkern nimmt den Farbstoff begierig auf und zwar meist in grösseren Mengen als das umgebende Protoplasma. Alle diese Stoffe speichern das Carmin aber erst nach erfolgter Tödtung auf. Cellulose [mit Ausnahme einiger Modificationen derselben, s. u.], ferner Stärke und andere Zellbestandtheile ohne Stickstoffgehalt nehmen den Farbstoff der meisten Carmincompositionen nicht auf.

38. Pikrocarminsaures Ammon. — [Pikrocarmin].

Ein schnell tingirendes Färbemittel ist von Treub für Zellkernuntersuchungen und von Weigert für Bacterienstudien empfohlen worden,

[67]) Grenacher in Archiv für mikrosk. Anatomie. Jahrg. 1879, pag. 465 [daraus in Zeitschrift f. Mikroskopie. Jahrg. II, 1879. pag. 55].

[68]) E. Tangl in Pringsheim's Jahrb. Bd. XII, 1880, pag. 170.

[69]) Frey l. c. pag. 96.

das von Ranvier zuerst in die Zoomikroskopie eingeführte pikrocarminsaure Ammon. Nach Frey[70]) bereitet man es folgendermaassen. Man trägt eine ammoniakalische Carminlösung in eine concentrirte wässerige Pikrinsäurelösung tropfenweis bis zur Sättigung ein. Es wird darauf auf $^1/_5$ des ursprünglichen Volumens eingedampft. Die erkaltete Lösung scheidet ein kleineres Sediment von Carmin aus. Man filtrirt und verdampft nun das Filtrat bis zur Trockne, wobei ein roth-ockergelbes Pulver erhalten wird. Hiervon löst man zur Bereitung des Reagenzes 1 Gramm in 100 cc Wasser; zeitweilige Filtration ist unerlässlich.

Baber [l. c.] mischt 1 Gramm Carmin in 4 cc concentrirten Ammoniaks und 200 cc Wasser, setzt dann 5 Gramm Pikrinsäure zu, schüttelt um und decantirt, so dass der nicht gelöste Ueberschuss der Pikrinsäure zurückbleibt. Nachdem die Flüssigkeit einige Tage unter öfterem Umschütteln gestanden hat, wird sie in einer Schale an der Luft während mehrerer Wochen getrocknet. Das rothe Pulver wird zu 2 Theilen in 100 Theilen Wasser gelöst und nach einigen Tagen durch eine doppelte Lage von Filtrirpapier filtrirt. Die Flüssigkeit muss jetzt gelblich-roth sein, ohne Geruch nach Ammoniak. Ein Tropfen auf weissem Filtrirpapier ergiebt eingetrocknet einen gelben, rothgerandeten Fleck. Ein Paar Tropfen Carbolsäure schützen die Tinctur vor Zersetzung.

Die von Weigert[71]) gegebene Vorschrift ist folgende: 2 Gramm Carmin werden mit 4 Gramm gewöhnlichen Ammoniaks übergossen und 24 Stunden lang an einen vor Verdunstung geschützten Ort gestellt, dann schüttet man 200 Gramm concentrirte Pikrinsäurelösung zu. Man lässt wiederum 24 Stunden lang stehen, jetzt hat sich alles Lösbare gelöst. Darauf werden solange ganz geringe Mengen Essigsäure zugesetzt, bis der erste schwache Niederschlag entsteht. Nach abermaligem 24stündigen Stehen wird tropfenweis etwas Ammoniak zugegeben.

Nach Baber soll sich zum Einschluss der mit dem Reagenz gefärbten Präparate eine Mischung eignen, die man aus 10 Tropfen Glycerin, 10 Tropfen Wasser und 1 Tropfen des Reagenzes selbst bereitet[72]).

---

[70]) Frey l. c. pag. 96.

[71]) C. Weigert, Zur Technik der mikroskop. Bacterienuntersuchung [Virchow's Archiv f. pathol. Anatomie. Bd. LXXXVIII, Heft 2. 8. Folge. Bd. II, Heft 2, 1881, pag. 275—315].

[72]) Doppelfärbungen mit diesem Reagenz und Carmin, Anilin, Osmiumsäure und Pikrinsäure sind häufig vorgeschlagen worden [cfr. Journ. of. Anat. and Physiol. Vol. XV, 1881, pag. 349—354, Journ. Royal Microsc. Soc. 1881, pag. 528 etc.].

39. Alkannatinctur.

Ist von N. J. C. Müller in wässerig alkoholischer Lösung zum Nachweis von Harzen und ätherischen Oelen empfohlen worden. Bringt man zu einem Präparat von genügender Dünne aus einem Harz in kleinen Tröpfchen führenden Pflanzentheil ein reines pulverfreies Borkenstückchen der Alkanna und giebt zu beiden einen Tropfen verdünnten Alkohols, so erscheinen die Harztröpfchen in den Zellen in 2 bis 3 Minuten lebhaft roth und auffallender intensiv tingirt, als die umgebende, wässerig-alkoholische Pigmentlösung der Alkanna auf dem Objectträger. Harzlose Protoplasmamassen bedürfen eines $^1/_4$- bis $^1/_2$stündigen Liegens in einer gleichconcentrirten Pigmentlösung, ehe eine auffallende Färbung wahrnehmbar ist. Behandelt man das Tinctionspräparat mit Alkohol, so verschwinden die gefärbten Tropfen; nunmehrige Behandlung desselben Präparates mit demselben Pigmente bringt keinerlei Färbung zur Wahrnehmung. — Am besten verfährt man daher folgendermaassen: Das zu prüfende Präparat liegt im Wasser. Man löst von der Alkanna ein möglichst dünnes, ebenes Borkenstückchen von der ungefähren Ausdehnung des zu prüfenden Schnittes, reibt es zwischen den reinen Fingern mit einem Tröpfchen Wasser, entfernt dadurch die anhaftenden Pulvertheile und legt es geradezu auf das mit Wasser benetzte Präparat, bringt auf beide ein dünnes Deckgläschen und giebt an dessen Rand einen kleinen Tropfen Alkohol. Nach 2 bis 3 Minuten entfernt man das Borkenstückchen und findet [sofern die Alkanna einigermaassen pigmentreich war; pigmentarme Alkanna ist im Handel gegenwärtig sehr häufig] die fraglichen Tropfen bei geeigneter Vergrösserung schön roth tingirt. Selbstverständlich wendet man zur Controlle das Auswaschen mit Alkohol an, wie es oben angedeutet, um tingirte Harz- und ätherische Oeltropfen von Tropfen fetten Oeles zu unterscheiden [73]).

---

[73]) N. J. C. Müller, Untersuchung über die Vertheilung der Harze etc. im Pflanzenkörper [Pringsheim's Jahrb. Bd. V, pag. 387—421].

FÜNFTER ABSCHNITT.

Mikroskopische Untersuchung der Pflanzenstoffe.

Einer Gesammtdarstellung der mikroskopischen Untersuchung der Pflanzenstoffe, wie sie nach dem heutigen Standpunkte der wissenschaftlichen Mikroskopie möglich ist, muss vor allem eine sowohl wissenschaftlich als auch praktisch zu rechtfertigende Disposition des vorliegenden, ziemlich umfangreichen Materiales zu Grunde gelegt werden. Da, wie wir bereits früher bemerkt, eine derartige umfassende Darstellung zur Zeit nicht existirt, so haben wir hier vom Fundament aus zu construiren. — Ueberblicken wir die reiche Fülle des Materiales, welches uns die Untersuchungen der Pflanzenhistologen und Physiologen, als auch die der Chemiker geliefert haben, so wird es uns nicht schwer, zu erkennen, dass sich die mannigfaltigen, den Pflanzenorganismus zusammensetzenden Stoffe je nach der Häufigkeit ihres Vorkommens in zwei Gruppen abspalten lassen. Erstlich kennen wir eine grosse Reihe von Pflanzenstoffen, welche eine sehr grosse Verbreitung im Gewächsreiche besitzen, wir brauchen hier nur an die Eiweisskörper zu erinnern, welche keiner Pflanze fehlen, oder an die Cellulose, die, die niedersten Pflanzenorganismen ausgenommen, gleichfalls überall vorkommen dürfte. So sind ferner Stärkemehl, Pflanzenschleime, Zuckerarten, Chlorophyllverbindungen etc. weit durch das Pflanzenreich verbreitet, und die Fälle in denen sie fehlen, sind im Vergleich hierzu nur untergeordneter Natur. Diesen weit verbreiteten Körpern steht eine Reihe von Stoffen gegenüber, deren Vorkommen entweder auf kleinere Gruppen von Pflanzen beschränkt ist, oder die nur von einigen Gewächsen producirt werden, Stoffe, die jedenfalls beim Aufbau des Pflanzenkörpers erst in

zweiter Linie in Betracht kommen. Hierher gehören, um einige Körper anzuführen, denen sich die mikroskopische Analyse bereits bemächtigt hat, Algenfarbstoffe, Gerbsäuren, Harze, Balsame, Terpene, ätherische Oele, Coniferin, Chrysophansäure und manche andere. Hierbei ist nun allerdings nicht zu vergessen, dass manche der in die letzte Kategorie gestellten Stoffe vielleicht doch eine weitere und allgemeinere Verbreitung haben können als man nach dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft anzunehmen berechtigt ist. So ist z. B. von einigen Physiologen die Ansicht ausgesprochen worden, dass das Coniferin ein in verholzten Gewächsen durchgängig vorkommender Stoff sei, so haben ferner die Untersuchungen Weinzierl's [cfr. pag. 253] ergeben, dass das bis dahin von den Chemikern nur synthetisch dargestellte Phloroglucin [Benzol, dem für drei Atome Wasserstoff drei einwerthige Hydroxylgruppen angelagert sind: Trioxyhydrobenzol] oder das von v. Höhnel sogenannte Xylophilin [cfr. pag. 253], welches nach Wiesner's Untersuchungen ein Gemenge von Phloroglucin und Brenzkatechin darstellt, zu den regelmässigen Vorkommnissen nicht nur in holzigen, sondern auch in vielen krautigen Pflanzen gehört. Solchen etwa aufzuwerfenden Einwänden ist aber entgegenzuhalten, dass eine Darstellung wie die vorliegende sich eben ganz dem augenblicklichen Stande unseres bezüglichen Wissens anzupassen hat, da sie ohnehin nur eine Zeitlang brauchbar sein kann und mit dem weiteren Fortschreiten der Wissenschaft nothgedrungen unbrauchbar werden muss.

Fassen wir nun zunächst die Pflanzenstoffe allgemeiner Verbreitung ins Auge, so haben wir als solche aufzuführen 1. Cellulose und ihre Modificationen, 2. Stärkemehl, 3. Dextrin, 4. Pflanzenschleime, 5. Gummiarten, 6. Inulin, 7. Traubenzucker, 8. Rohrzucker, 9. Eiweissstoffe, 10. Chlorophyll, 11. Blütenfarbstoffe, 12. Amidoverbindungen und 13. anorganische Pflanzenbestandtheile.

Wir haben uns nun die Frage vorzulegen: Nach welchen Gesichtspunkten können wir diese Reihe von Stoffen disponirend an einander fügen, und nach welchem der beleuchteten Gesichtspunkte muss die Disposition geschehen, damit diese sowohl wissenschaftlich als praktisch zu rechtfertigen sei? — Es bieten sich uns leicht drei Gesichtspunkte dar. Erstlich liessen sich die Stoffe nach ihren morphologischen, zweitens nach ihren physiologischen und drittens nach ihren chemischen Eigenschaften gruppiren. Im ersten Falle würden wir diejenigen zusammen zu stellen haben, die unter gleicher oder ähnlicher Erscheinung auftreten, also einestheils die zellwandbildenden Stoffe, sodann die festen, endlich die annähernd oder ganz flüssigen Inhaltsstoffe

der Zellen. Wir würden alsdann z. B. Stärkemehl, Proteïnkörner, Chlorophyll, Calciumkrystalle etc. einer und derselben Gruppe zuertheilen müssen, also ganz Verschiedenartiges vereinigen. Eine Eintheilung der Pflanzenstoffe nach ihren physiologischen Verrichtungen verbietet sich unter Anderem einfach aus dem Grunde, weil wir die Betheiligung vieler Stoffe bei den vitalen Processen sehr ungenügend, mancher selbst fast gar nicht kennen. Es bleibt uns daher nur die Eintheilung jener Stoffe nach ihrer chemischen Natur. Und in der That ist diese auch die geeignetste, da ja die nachfolgenden Capitel in erster Linie Fingerzeige bieten sollen, die chemische Natur der im Pflanzeninnern vorkommenden Stoffe zu ergründen.

Schalten wir zunächst die anorganischen Bestandtheile aus, so ergiebt das Vorhandensein oder das Fehlen des Stickstoffs das erste Merkmal zu einer weiteren Eintheilung. Die erste, stickstofffreie Verbindungen enthaltende Abtheilung bezeichnen wir insgesammt als Kohlehydrate, die zweite Abtheilung als Stickstoffverbindungen. Die Kohlehydrate umfassen die Cellulose und die übrigen, derselben isomeren Pflanzenstoffe, denen also die Formel $C_6H_{10}O_5$ zukommt. Ferner gehören zu den Kohlehydraten die verschiedenen Arten des Traubenzuckers, $C_6H_{12}O_6$ und des Rohrzuckers $C_{12}H_{22}O_{11}$. — Die Stickstoffverbindungen begreifen in sich die bekannten Eiweissstoffe [Proteïnkörper], die Pflanzenfarbstoffe, von denen das Chlorophyll als der wichtigste bezeichnet werden muss, endlich als Amidoverbindung das Asparagin.

Nach den hier entwickelten Gesichtspunkten erhalten wir nun folgende Uebersicht der Pflanzenstoffe weiter Verbreitung:

1. Cellulose . . . .
2. Stärkemehl . . .
3. Dextrin . . . .
4. Pflanzenschleime
5. Gummiarten . .
6. Inulin . . . . . } Gruppe der Cellulose $C_6H_{10}O_5$
7. Traubenzucker, $C_6H_{12}O_6$ . . . . . } Kohlehydrate.
8. Rohrzucker, $C_{12}H_{22}O_{11}$ . . . . . }
9. Eiweissstoffe [Proteïnkörper] . . . . . }
10. Chlorophyll
11. Blütenfarbstoffe } Pflanzenfarbstoffe . . } Stickstoffverbindungen.
12. Amidoverbindungen [Asparagin] . . . . }
13. Anorganische Pflanzenbestandtheile

Zu dieser Uebersicht ist noch zu bemerken, dass die in derselben

aufgeführten Stoffe keineswegs „Stoffe“ im Sinne der Chemiker zu sein brauchen. Ein Chlorophyllkorn z. B. besteht, wie bekannt, aus einer grösseren Anzahl von Körpern, die ihrerseits wiederum nicht einmal einfache chemische Verbindungen zu sein brauchen. Aber man wolle auch nur bedenken, dass die vorstehende Uebersicht nichts anderes ist, als eine Gruppirung der wichtigsten physiologischen Individuen.

In den folgenden Auseinandersetzungen werden wir uns nun zuerst mit den Eigenschaften jener Stoffe im allgemeinen bekannt machen und sodann bei jedem eingehend diejenigen mikroskopischen Reactionsmethoden beschreiben, durch welche sie sicher erkannt werden können. Sehr unwichtige Reactionen, oder solche, deren Werth noch nicht genügend festgestellt wurde, werden dabei jedoch gar nicht oder nur andeutungsweise erwähnt werden, und weisen wir ihretwegen ein für allemal auf die Literaturübersichten hin, welche sich vor jedem Capitel finden.

A. Stoffe allgemeiner Verbreitung.

I. Cellulose und ihre Modificationen.

Die Cellulose oder der Zellstoff [$C_6 H_{10} O_5$ resp. $C_{12} H_{20} O_{10}$], stellt im reinen Zustande einen festen, farblosen, durchscheinenden Körper dar. Die Cellulose tritt in den Pflanzen in Gestalt von Zellhäuten und Zellwänden auf. Sie ist den anderen, pag. 264 aufgezählten Gliedern der Zellstoffgruppe isomer, weicht aber in ihrem chemischen wie im physikalischen Verhalten theilweis sehr von denselben ab. Aus der Isomerie erklärt sich die Thatsache, dass manche dieser Stoffe während der vitalen Processe im Pflanzenleibe leicht in einander umgewandelt werden können; so tritt beispielsweise häufig eine Umwandlung der Stärke in Cellulose, der Cellulose in Gummi ein.

Unter dem physiologischen Begriff Cellulose haben wir jedoch nach dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft nicht nur den reinen Zellstoff zu verstehen, sondern wir haben demselben auch noch gewisse veränderte Substanzen zuzurechnen, die resultiren aus Metamorphosen, welche der Zellstoff während des Lebensprocesses erfährt, und die im allgemeinen durch höheren Kohlenstoffgehalt und geringeren Sauerstoffgehalt ausgezeichnet sind als der Zellstoff im engeren Sinne. Diese Modificationen der Cellulose betrachten einige Forscher als von ihr verschiedene chemische Individuen [Fremy], während die Mehr-

zahl der Chemiker und der Physiologen in ihnen, wie erwähnt, nur Modificationen sieht [Payen, Fromberg, Mulder]. So führt Fremy als derartige chemische Celluloseindividuen eigentliche Cellulose, Paracellulose, Vasculose, Fibrose und Cutose auf [1]). Wenn man auch heute noch kein definitives Urtheil über die Natur der Zellstoffmodificationen fällen kann, so scheint es doch, im Gegensatz zu Fremy's Ansicht, nach den chemischen Untersuchungen Payen's und den späteren von Schultze [2]), sowie nach den Studien der Botaniker, wahrscheinlich, dass die Veränderungen der Cellulose hervorgebracht werden durch moleculare Einlagerung gewisser anderer Substanzen in die ursprünglich aus reiner Cellulose bestehende Zellwand während der Wachsthumsvorgänge. Tritt z. B. speciell der Vorgang der Verholzung ein, wobei die Cellulose bekanntermaassen in Lignin verwandelt wird, so geschieht dieses durch Einlagerung eines Körpers, den bereits Payen erkannte [Schultze glaubt ihn später rein dargestellt zu haben] und mit dem Namen incrustirende Substanz belegte.

Die Modificationen der Cellulose, welche sich genügend scharf auseinanderhalten lassen, sind der Holzstoff [Lignin], und die diesem in mancher Beziehung ähnliche Mittellamelle [Intercellularsubstanz], der Korkstoff [Suberin], aus dem auch das als Cuticula bekannte, verkorkte Häutchen, welches die Epidermis regelmässig überzieht [Cutin] und die umhüllende Schicht der Pollenkörner [Pollenin] besteht, endlich die Pilzcellulose. Letztere, der man zweckmässig den Namen Fungin geben könnte, wenn dieser nicht früher in anderer Weise gebraucht wäre, wurde bis vor kurzer Zeit auch von namhaften Botanikern [3]) als ein isomerer Stoff der Cellulose im Sinne Fremy's angesehen. Nach den neuesten Untersuchungen Richter's [4]) scheint es aber, dass auch diese nichts anderes als gewöhnliche Cellulose mit fremden Beimengungen, in erster Linie Eiweisssubstanzen, sei. Dagegen bleibt es fraglich, ob das Medullin der Chemiker eine ebenso scharf ausgesprochene Modification bildet. — Abgesehen von diesen Modificationen haben wir unter der Rubrik Cellulose noch denjenigen Zustand zu besprechen, welcher einer „Desorganisation" derselben zu isomeren Verbindungen, wie Amyloïd, Pflanzenschleim, Gummi, Arabin,

---

[1]) Fremy, Comptes rend. t. XLVIII, pag. 667 ff., pag. 862 ff.

[2]) Schultze in Chem. Centralbl. 1857, pag. 321.

[3]) De Bary, Morphologie d. Pilze, Flechten u. Myxomyceten [Bd. II von Hofmeister's Handb. pag. 7 ff.].

[4]) Richter in Sitzungsber. K. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. LXXXIII, 1. Abth., 1881, pag. 510.

Bassorin etc. vorausgeht und den wir am zweckmässigsten mit dem Ausdruck verschleimende Cellulose bezeichnen.

Bezüglich ihrer Eigenschaften charakterisirt sich die Cellulose nebst ihren Verwandten folgendermaassen:

1. Eigentliche Cellulose, Zellstoff. Löslich in Cuprammoniumoxyd, concentrirter Schwefelsäure und Chromsäure; färbt sich mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod blau oder violett. Besitzt keine Beimischung fremder Substanzen.

2. Verschleimende Cellulose. Häufig löslich in Cuprammoniumoxyd sowie in concentrirter Schwefelsäure und Chromsäure; färbt sich mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod selten blau, meist gelblich oder gelb oder bleibt auch ganz farblos. Ist von allen anderen Formen der Cellulose durch Gequollensein verschieden.

3. Verholzte Cellulose, Lignin. Unlöslich in Cuprammoniumoxyd, löslich in concentrirter Schwefelsäure und Chromsäure; färbt sich mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod fast immer gelb, mit Phloroglucin und Salzsäure rosenroth [Unterschied von allen anderen Cellulosearten]. — Besitzt geringeren Sauerstoffgehalt als reine Cellulose.

4. Mittellamelle, Intercellularsubstanz. Unlöslich in Cuprammoniumoxyd, unlöslich in concentrirter Schwefelsäure und Chromsäure, färbt sich mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod gelb.

5. Verkorkte Cellulose, Suberin [incl. Cutin, Pollenin]. Unlöslich in Cuprammoniumoxyd, unlöslich in concentrirter Schwefelsäure und Chromsäure [oder in letzterer sehr schwer löslich]; färbt sich mit Jod und Schwefelsäure sehr selten gelb, meist braun; giebt mit Schultze'schem Gemisch Cerinsäurereaction [s. u.]. — Enthält gewisse Stickstoffsubstanzen beigemischt.

6. Pilzcellulose. Unlöslich in Cuprammoniumoxyd, in concentrirter Schwefelsäure sehr schwer löslich; färbt sich mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod nur sehr selten blau. — Kommt nur bei Pilzen [und Flechten] vor, scheint Eiweisssubstanzen beigemischt zu enthalten.

Aus den veränderten Cellulosearten lässt sich der reine, mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod blau reagirende Zellstoff darstellen, wenn sie — je nach ihrer Natur — mit Wasser oder mit Alkohol, Aether, verdünnten Säuren, Salpetersäure nebst Kaliumchlorat, Kaliumhydroxyd behandelt werden.

1. Cellulose im engeren Sinne (Zellstoff).

Die wichtigsten Reagentien zur Nachweisung des Zellstoffes sind die pag. 237 näher beschriebenen Jodlösungen; ihnen gegenüber sind die anderen Methoden zur Nachweisung der Cellulose untergeordneter Natur; sie werden gewöhnlich nur dann angewandt, wenn durch die im Vorigen beschriebenen Einwirkungen sich nicht mit Bestimmtheit nachweisen lässt, ob man reine Cellulose oder eine der näher charakterisirten Modificationen vor sich hat. In diesem Falle muss man das Verhalten derselben gegen Mineralsäuren, gegen Alkalien, gegen Cuprammoniumoxyd, gegen Alauncarmin und gegen Kupfersulfat und Kali prüfen, in zweiter Linie kann man auch durch das negative Verhalten von Phenolsalzsäure, schwefelsaurem Anilin, Phloroglucin und Indol gegen den zu untersuchenden Stoff, die Verschiedenheit desselben von anderen Cellulosemodificationen constatiren.

A. Verhalten des Zellstoffes zu Jodreagentien.

Literatur: J. B. Reade, On the chemical composition of vegetable membrane and fibre (Lond. and Edinburgh Philosophical Magazine vol. XI, 1837, pag. 421 ff.]. — Schleiden, Einige Bemerk. über die sogen. Holzfaser der Chemiker [Wiegmann's Archiv, Jahrg. IV, 1838, Bd. I, pag. 49 ff.]. — Schleiden, Einige Bemerk. über d. vegetabil. Faserstoff und sein Verhalten z. Stärkmehl [Poggendorff's Annalen Bd. XLIII, 1838, pag. 391]. — Schleiden, Beiträge etc. pag. 13, 160, 164, 172 u. a. and. O. — Schleiden, Noch einige Bemerk. über d. veget. Faserstoff u. sein Verh. z. Stärkmehl [Flora 1840, Bd. II, pag. 737 ff., pag. 753 ff.]. — Mohl, Einige Beobacht. über d. blaue Färbung d. veget. Zellmembran durch Jod [Flora 1840, Bd. II, pag. 609 ff., pag. 625 ff.]. — Payen, Mém. sur la compos. chim. du tissu propre des végét. phanérog. [Ann. des sc. nat. 2e sér. t. XIV, 1840, pag. 73—100]. — Lantzius-Beninga, De evol. sporid. musc. Gott. 1840, pag. 7. — Mohl, Verm. Schriften. Tübing. 1845, pag. 337 ff. u. daselbst a. v. a. O. — Mohl, Bildet d. Cellulose d. Grundlage sämmtl. veget. Membranen? [Bot. Zeitg., 1847, pag. 497 ff.]. — Mohl, Die veget. Zelle pag. 30 etc. [cfr. auch Wagner's Handwörterbuch Bd. IV, pag. 189 etc.]. — Dippel, Beitr. z. Lösung der Frage etc. [Bot. Zeitg. 1851, pag. 409 ff.]. — Schacht, D. Pflanzenzelle a. v. O., z. B. pag. 143 ff. — Pringsheim, Algologische Mittheilungen [Flora 1852, pag. 470 ff.]. — Hofmeister, Ueb. die zu Gallerte aufquell. Zellen der Aussenfläche v. Samen u. Perikarpien [Ber. Kön. Sächs. Gesellsch. der Wiss., Bd. X, 1858, pag. 21 ff.]. — Fremy, Rech. chim. sur la compos. des cellules végét. [Comptes rendus t. XLVIII, 1859, pag. 202 ff.]. — Fremy, Caractères distinctifs des fibres lign., des f. corticales et du tissu cellulaire qui consiste la moëlle des arbres [l. c. t. XLVIII, 1859, pag. 275 ff.]. — Payen, Différents états de la cellulose dans les pl. [l. c. t. XLVIII, 1859,

pag. 772 ff.] — Mulder, Physiol. Chem. pag. 475. — Kabsch, Unters. üb. d. chem. Beschaffenh. d. Zellwände [Pringsheim's Jahrb., Bd. III, 1863, pag. 357 ff.]. — Nägeli, Ueb. d. Verhalten d. Zellhaut zum Jod. [Sitzungsber. d. bayer. Acad. d. Wiss. 1863, Bd. I. pag. 383 ff.]. — Nägeli, Ueb. d. Reactionen von Jod auf Stärkekörner u. Zellmembr. [l. c. pag. 483 ff.]. — Hofmeister, Handb. d. physiol. Bot., Bd. I, pag. 252 ff., etc. — Sachs, Handb. d. Experimentalphys. d. Pfl. pag. 433 ff. — Hofmeister, D. Lehre v. d. Pflanzenzelle. Lpz. 1867, a. v. O. — Dippel, Mikrosk. Bd. II, pag. 6 ff. — Sachs, Lehrb. d. Bot. pag. 19 ff. — Nägeli u. Schwendener, Mikrosk. pag. 474, pag. 517 ff, pag. 549 etc. — Strasburger, Zellbild. u. Zellth. III. Aufl. 1880 a. v. O. — Poulsen, Botanisk Mikrokemi pag. 49 ff. [Uebers. pag. 59]. — Richter, Beitr. z. genaueren Kenntniss der chem. Beschaffh. der Zellmembranen bei den Pilzen [Sitzungsber. K. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. LXXXIII, 1 Abth. 1881, pag. 494—510].

Wenn, wie aus den Untersuchungen Strasburger's [5]) hervorgeht, bei der Theilung einer Zelle zwischen den Verbindungsfäden des getheilten Zellkernes die primären Zellplatten sich bilden, so wird dieses eingeleitet durch Einlagerung sehr kleiner Körnchen, welche sich durch ihr Verhalten zu Jodlösungen [s. u.] als äusserst kleine Stärkekörnchen documentiren [6]). Alsbald aber werden die Körnchen in Zellhautstoff umgewandelt und geben dann bei Zusatz von Chlorzinkjod, wie von Jod mit Schwefelsäure keinerlei Reaction [7]). Diese primären Zellplatten sind entweder transitorisch, d. h. sie werden später resorbirt und machen Celluloseplatten Platz, oder aber sie sind beständig und werden zur Bildung dieser mit verwandt.

Die fertigen, aber sehr jugendlichen Zellmembranen meristematischer Gewebe färben sich auf Zusatz von Jod und Schwefelsäure oder durch Chlorzinkjod oft nicht [Dippel], oder gelb [Solla] [8]). Waren sie jedoch früher mit Salzsäure oder Kalilauge behandelt oder hatten sie ganz kurze Zeit in Wasser gelegen, in dem Fäulnissprocesse stattfanden, so tritt nach ganz kurzer Einwirkung jener Jodreagentien sofort Blaufärbung ein [9]).

Die ältere, aus reiner Cellulose bestehende Zellhaut färbt sich durch Zusatz von frisch dargestelltem Jodwasser nicht oder

---

[5]) Strasburger, Zellbild. und Zellth. III. Aufl. 1880, pag. 1 ff.

[6]) Strasburger, l. c. pag. 16, Taf. I, Fig. 6—9.

[7]) Strasburger, l. c. pag. 13.

[8]) Dippel, Mikrosk. Bd. II. pag. 7 f. — Solla in Oesterr. Bot. Zeitschr. Jahrg. 1879, pag. 351.

[9]) Richter in Sitzungsber. der K. K. Acad. d. Wiss. Wien Bd. LXXXIII, 1. Abth., 1881, pag. 498.

nur in einem gelblichen, braungelblichen oder röthlichen Tone [10]). Enthält aber das Jodwasser Spuren von Jodwasserstoffsäure, so tritt Blau- oder Violettfärbung ein [Nägeli]. Wird zu einem mit Jodwasser imprägnirten Präparat ein Tropfen Schwefelsäure oder Aetzkali [Meyer, Schleiden] gegeben, so erscheint momentan intensive Blaufärbung, während Salzsäure und Salpetersäure die Blaufärbung hervorzurufen nicht im Stande sind. Chlorzinkjodlösung färbt die reine Cellulose unter allen Umständen blau und ist das wichtigste Reagenz auf dieselbe. Das Chlorzink macht allerdings die Zellwände bald quellen und zerstört damit die natürlichen Verhältnisse, jedoch kann dieses durch zweckmässige Verdünnung mit Wasser oder Jodjodkaliumlösung ziemlich lange inhibirt werden. Chlorzinkjodlösung ist daher dem Jodwasser in Vereinigung mit Schwefelsäure fast immer vorzuziehen, da die Schwefelsäure das ganze Gewebe sehr schnell zu zerstören pflegt.

Die Intensität der durch Jodlösungen hervorgebrachten Blau- oder Violettfärbung ist durch die Menge des in die Membran eingelagerten Jod bedingt, nicht aber die Nüance.

Nägeli, welcher das Verhalten der reinen Cellulosemembran zum Jod einer sehr eingehenden Untersuchung unterworfen hat, gelangt in dieser [11]) zu folgenden, hauptsächlichen Resultaten:

Die Menge des eingelagerten Jod bedingt im allgemeinen nicht den Charakter, sondern nur die Intensität der Farbe; man kann jeden Ton [gelb, orange, roth, violett, blau] durch wenig Jod hell, durch eine grössere Menge intensiv erhalten. In einzelnen Fällen beobachtet man den Uebergang von Hellgelb in Dunkelblau, wenn während der Einwirkung des Jod sich Jodwasserstoffsäure bildet; in anderen geht bei Mehraufnahme von Jod die blaue Farbe in braune über, wenn die Membranen aus einer Mischung von zwei verschiedenen Stoffen bestehen, die ungleich gegen Jod reagiren.

Zellmembranen, welche von Wasser durchdrungen sind und irgend eine Farbe durch Jod erlangt haben, behalten diese Farbe, wenn ihnen

---

[10]) Hiervon machen jedoch die Wände der Sporenschläuche von Flechten eine Ausnahme, welche sich bei Zusatz von Jodwasser allein schon blau färben [Nägeli in Sitzungsber. Bayer. Acad. 1863 Bd. I. pag. 485 ff.], jedoch wird die Blaufärbung bei Zusatz von Schwefelsäure intensiver [Richter, l. c. pag. 496]. Cfr. übrigens auch Mohl in Flora 1840 II. Bd. pag. 614 und G. Dickie in Annals of Nat. History 1839 pag. 165. — Ueber Reactionen der Cellulosewand von Algensporen cfr. Pringsheim in Flora 1852 pag. 470 f.

[11]) Nägeli, Ueber die Reactionen von Jod auf Stärkekörner und Zellmembrane [Sitzungsberichte der Bayerischen Acad. 1863. Bd. I. pag. 524, 530, 532, 535, 539, 541, 543].

das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur entzogen wird und wenn sonst keine chemische oder physikalische Veränderung erfolgt. Ist dagegen in dem durchdringenden Wasser eine Substanz gelöst, welche beim Verdunsten concentrirter wird, so kann dieselbe auf die Anordnung der Jodtheilchen einwirken und eine grössere oder geringere Farbenveränderung bedingen.

Die durch Jod gefärbten Membranen, welche, sei es im befeuchteten, sei es im trockenen Zustande, sich entfärben, verändern häufig ihre Farbe mehr oder weniger. Diese Umwandlung geschieht immer in der Richtung von Blau durch Roth zum Gelb.

Wenn eine Zellmembran durch Jod und Wasser unmittelbar nicht gebläut wird, so lässt sich dieses Resultat oft durch gleichzeitige Einwirkung von Jodwasserstoffsäure [die sich auch bei längerer Einwirkung von Jod auf verschiedene organische Verbindungen, sowie beim Eintrocknen mit Jod bildet] oder von Jodkalium, Jodammonium, Jodzink, Phosphorsäure oder Schwefelsäure, in anderen Fällen auch durch die Einwirkung von Schwefelsäure, nachdem eine mehr oder weniger energische Behandlung mit Aetzkali oder mit Salpetersäure voraufgegangen ist, erzielen.

Die Behandlung mit Jodwasserstoffsäure, Jodkalium, Jodammonium, mit Schwefelsäure, Phosphorsäure, Aetzkali und Salpetersäure entfernt ohne Zweifel eine geringere oder grössere Menge von fremden, in den Membranen enthaltenen Stoffen, die in jenen Verbindungen löslich sind. Diese Reinigung der Zellmembran mag in manchen Fällen ein Hinderniss für die Bläuung aus dem Wege räumen, allein sie ist in keinem Falle die alleinige Bedingung für dieselbe.

Die Behandlung mit Jodwasserstoffsäure, Jodkalium, Jodammonium, Jodzink, mit Schwefelsäure, Phosphorsäure, Aetzkali und Salpetersäure verursacht immer ein geringeres oder beträchtlicheres Aufquellen der Zellmembranen. Allein diese Auflockerung ist in keinem Falle die Ursache der Bläuung.

Zur Bläuung der Zellmembranen [mit Ausschluss der Flechtenschläuche] ist jedenfalls neben Jod und Wasser die gleichzeitige Anwesenheit einer der folgenden assistirenden Verbindungen erforderlich: Jodwasserstoffsäure, Jodkalium, Jodammonium, Jodzink [oder ein anderes Jodmetall], Schwefelsäure, Phosphorsäure, Chlorzink [?]. Vielleicht wirken aber Schwefelsäure und Phosphorsäure nicht unmittelbar, sondern dadurch, dass sie die Bildung von Jodwasserstoffsäure durch Zersetzung von Alkohol oder von organischen Verbindungen der Zelle begünstigen, so dass also die blaue Farbe fast ausschliesslich durch das

Vorhandensein der bestimmten Menge einer Jodverbindung bedingt wurde.

B. Verhalten des Zellstoffes zu Mineralsäuren.

Von diesen sind zumal concentrirte Schwefelsäure und Chromsäure geeignet, den gewünschten Aufschluss zu geben. Im Gegensatze zur Salzsäure, welche die Cellulose fast vollkommen unverändert lässt und zur Salpetersäure, welche in der Kälte nur ein Aufquellen von Cellulosemembranen zuwege bringt und erst beim Kochen eine Lösung derselben veranlasst, führen sie nämlich den Zellstoff — gewöhnlich schon nach sehr kurzer Einwirkung und bei gewöhnlicher Temperatur — in Lösung über. Dahingegen sind andere Zellstoffmodificationen, wie die Mittellamelle und Suberin nebst Cutin in ihnen unlöslich [s. u.]. Jedoch ist hier gleich hervorzuheben, dass auch [wahrscheinlich alle] verholzte Membranen die Löslichkeit in Schwefelsäure und Chromsäure mit der Cellulose im engeren Sinne theilen. Setzt man also zu einem Schnitte durch einen Pflanzenstengel concentrirte Schwefelsäure, so wird sich Alles lösen, was aus reiner Cellulose oder Lignin besteht, während verkorkte Gewebeschichten, Cuticularbildungen sowie die Mittellamellen der verholzten Complexe intact zurückbleiben. Die Schwefelsäure verwandelt bei diesem Lösungsprocesse die Cellulose in einen isomeren Körper, dem Schleiden den Namen Amyloïd gegeben hat, indem sie selbst bei dem Vorgange unverändert bleibt, als katalytischer Contactkörper wirkt, wie der Chemiker sagt. Dieses Amyloïd steht dem Stärkemehl sehr nahe, was sich schon daraus ergiebt, dass es bei Zusatz von Jodwasser eine intensiv blaue Färbung annimmt. Auf diesem Umstande beruht eben die oben vielfach erwähnte Reaction von „Jod und Schwefelsäure“ auf Cellulose, deren Ausführung auf folgende Weise geschieht. Man taucht den zu untersuchenden Schnitt auf kürzere Zeit in frisch bereitetes Jodwasser, hebt ihn heraus, entfernt die anhängende Flüssigkeit möglichst, legt ihn auf den Objectträger, bedeckt mit dem Deckglase, bringt das Präparat unter das Mikroskop und fügt an den Rand des Deckglases einen grossen Tropfen concentrirter Schwefelsäure. Man blickt schnell ins Mikroskop und bemerkt nun, wie alle wahren Cellulosemembranen eine intensiv blaue Färbung annehmen, während alle anderen Cellulosemodificationen — Mittellamelle, Lignin, Suberin — gelbe bis braune Farbentöne aufweisen. Nach wenigen Augenblicken wird jedoch die blaue Reaction undeutlich, weil die Zerstörung des Gewebes rapide fortschreitet.

C. Verhalten des Zellstoffes zu Alkalien.

Im Vergleich zur destructiven Wirkung der Mineralsäuren greifen die Alkalien die Cellulose wenig oder gar nicht an. Ammoniak ist selbst im concentrirten Zustande und nach kürzerem Kochen des Schnittes nicht im Stande, die Zellstoffwände zu verändern, während concentrirte oder nahezu concentrirte Kalilauge ein Aufquellen derselben hervorruft. Wäscht man den mit Kali behandelten Schnitt aus und bringt ihn in absoluten Alkohol, so pflegen die Cellulosewände ihre ursprüngliche Gestalt wieder anzunehmen, weshalb sich diese Manipulation bei der Hanstein'schen Aufhellungsmethode empfiehlt [cfr. pag. 161; man vergleiche daselbst auch das über Russow's Kalialkohol Gesagte].

D. Verhalten des Zellstoffes zu Cuprammoniumoxyd.

Im Jahre 1857 fand Schweizer [12]), dass Baumwolle, welche in Kupferoxydammoniaklösung gelegt ist, sehr schnell gelöst wird, indem sie zuerst eine gallertartige Beschaffenheit annimmt, worauf sich das Ganze in eine schleimige Flüssigkeit verwandelt, die sich, mit Wasser verdünnt, filtriren lässt. Salzsäure bringt darin einen Niederschlag hervor, der nach dem Auswaschen durch Jodkalium nebst Chlorwasser braun gefärbt wird, woraus hervorgeht, dass die Cellulose bei dem Processe nicht in Stärke verwandelt wird. Durch diese Eigenthümlichkeit der Löslichkeit in Cuprammoniumoxyd unterscheidet sich die Cellulose von allen ihren Modificationen, denen „incrustirende Substanzen" eingelagert sind. Setzt man zu einem feuchten, unter Deckglas liegenden Schnitt einen Tropfen des womöglich frisch bereiteten Reagenzes, so bemerkt man, wie allmählich die Cellulosewände aufquellen. Später werden die Contouren undeutlich und der Vorgang endigt mit vollständiger Lösung sämmtlicher Cellulosecomplexe.

Es mag an diesem Orte gleich erwähnt werden, dass auch die anderen Cellulosemodificationen in Cuprammoniumoxyd löslich sind, wenn man vorher die ihnen eingelagerten incrustirenden Substanzen entfernt. Am zweckmässigsten geschieht es durch das von Schulze angegebene Macerationsverfahren mit Kaliumchlorat und Salpetersäure [cfr. pag. 137]. Man kocht also die Schnitte mit diesem Gemische in einem Reagenzcylinder, wäscht die unzerstörten Theile mit

---

[12]) Schweizer, Journ. prakt. Chem. Bd. LXXII. pag. 111. — Cfr. auch oben pag. 244 ff., sodann die pag. 268 citirten Abhandlungen von Fremy und Payen.

Wasser aus, und versetzt sie auf dem Objectträger mit einem Tropfen Kupferoxydammoniaklösung.

E. Verhalten des Zellstoffes zu Alauncarmin.

Literatur: E. Tangl, Ueber offene Communicationen zwischen den Zellen des Endospermes einiger Samen [Pringsheim's Jahrb. Bd. XII. 1879—81, pag. 170 ff.].

Nach Tangl bietet der Grenacher'sche Alauncarmin [cfr. pag. 259] ein vorzügliches Mittel, um reine Cellulosemembranen von cuticularisirten und verkorkten zu unterscheiden. Während nämlich erstere den Farbstoff begierig aufnehmen und nach 5 bis 10 Minuten langer Einwirkung intensiv roth erscheinen, bleiben letztere ungefärbt. Die Tinction hält sich sehr gut in Glycerin und gestattet daher die Herstellung sehr instructiver Präparate, zumal solcher über den Bau der Gefässbündel. Um auch eine schöne Tingirung von Zellkern und Plasma zu erhalten, soll man die Präparate vorher in absolutem Alkohol härten [cfr. oben pag. 259] [13]).

F. Verhalten des Zellstoffes zu Kupfersulfat-Kali.

Literatur: Sachs, Ueber einige neue mikrosk.-chem. Reactionsmethoden [Sitzungsberichte der K. Acad. d. Wiss. Wien. Bd. XXXVI. 1859 pag. 1—22]. — Sachs, Mikrochemische Untersuchungen [Flora 1862, pag. 288 ff.]. — Sachs, Ueber die Stoffe, welche das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern [Pringsheim's Jahrb. Bd. III. 1863, pag. 187 ff.].

Sachs hat ein Verfahren angegeben, um gewisse aus Zellstoff bestehende Membranen zu bläuen durch Behandlung mit Kupfersulfat und Kalilösung. Die Methode ist die folgende: Möglichst dünne Schnitte, womöglich dünner als die Dicke einer Zelllage, werden längere Zeit in concentrirte Kupfersulfatlösung gelegt. Hierin verweilen sie je nach ihrer Natur 5 bis 10 Minuten oder mehrere Stunden bis einen Tag. Man nimmt die Schnitte alsdann aus der Flüssigkeit und legt sie einige Secunden lang in reines Wasser, um das äusserlich anhängende Salz abzuspülen. Hierzu ist es nöthig, die Schnitte in eine grössere Wassermasse zu bringen, nicht etwa blos durch einen Tropfen auf dem Objectglase zu reinigen. Am besten fasst man den

[13]) Tangl giebt l. c. pag. 173 auch an, dass Cellulosehäute von Cambium- und älteren Parenchymzellen den blauen Farbstoff aus einem wässrigen Blauholzdecoct in unlöslicher Modification aufnehmen, wenn diese im kalten Zustande anzuwendende Tinctionslösung einen Zusatz von Eisenvitriol enthält. — Jedoch kommt diese Fähigkeit auch modificirten Cellulosemembranen zu, so dass die Methode sich also nicht zum Nachweis des Zellstoffes eignet.

Schnitt mit einer Pinzette und schwenkt ihn in reinem Wasser mehrmals hin und her. Sodann bringt man ihn in starke Kalilösung, die man in einem kleinen, etwa 8 bis 10 cc fassenden Porcellanschälchen aus 1 Gewichtstheil Wasser und 1 Theil Kali causticum bereitet, in welcher nach kurzer Zeit an gewissen Zellwänden eine Bläuung auftritt, während andere farblos bleiben oder gelb werden. In einem Tropfen der alkalischen Flüssigkeit liegend, kann der Schnitt sogleich untersucht werden. Es ist zweckmässig, den Schnitt, sobald dies geschehen ist, nochmals in ein kleines Porcellanschälchen mit Kalilösung zu bringen und darin einige Secunden kochen zu lassen. Die Färbungen treten dann meist intensiv hervor oder sie erscheinen überhaupt erst jetzt. Sind auch jetzt noch alle Färbungen zu hell, so muss man so dicke Schnitte nehmen, bis man sie deutlich und charakteristisch findet.

Durch diese Methode werden viele, aber nicht alle, aus Zellstoff bestehende Wände intensiv blau gefärbt, während andere farblos bleiben. Diejenigen Zellwände, die mit Jod gelb werden, also keine Cellulose im eigentlichen Sinne sind, werden auf diese Weise gelb oder orangegelb gefärbt. So nehmen nach Sachs die peripherischen Parenchymschichten aus der Keimwurzel der Pferdebohne [*Vicia Faba*] eine schön blaue Färbung an, ferner Theile des Parenchyms, die sehr jungen Gefässstränge, Holzzellen und Bastzellen der Keimwurzel von *Phaseolus multiflorus*, die Subepidermalschichten aus der Rinde eines blühenden Kürbiszweiges; überhaupt werden alle Collenchymzellen, jungen Bastzellen und das Holzcambium blau, während gewöhnlich die dünnwandigen Parenchymhäutchen ungefärbt bleiben. Gelb bis gelborange färben sich die Wände alter Bastzellen und alle verholzten Elemente des Holzkörpers [14]). Da durch diese Methode nicht in allen Cellulosewänden eine charakteristische Reaction hervorgerufen wird, so ist ihre Anwendung ohne Controlle durch Jodreactionen nicht hinreichend.

2. Verschleimende Cellulose.

Literatur: Meyen, Die Secretionsorgane der Pflanzen. Berl. 1837 pag. 36 etc. — Schleiden in Wiegmann's Archiv 1838 pag. 145. — Decasne, Sur la structure des poils qui couvrent le péricarpe de certaines Composées [Ann. des sc. nat. IIe sér. t. XII. 1839 pag. 251—254]. — Meyen, Pflanzenpathologie. Berl. 1841 pag. 235. — Schleiden, Beitr. z. Botanik [1844] pag. 137. — Mohl, Einige Bemerk. über den Bau der vegetab. Zelle

[14]) Sachs in Sitzungsber. Wien l. c. pag. 18, 19, Flora 1862 pag. 295.

[Botan. Zeitg. 1844 pag. 323 f.]. — Mohl, Vermischte Schr. a. a. O. — Kippist, On the existence of spiral Cells in the Seeds of Acanthaceae [Transactions of the Linn. Soc. of Lond. 1845, vol. XIX. pag. 65—76]. — Kützing, Grundzüge der philos. Botanik. Leipz. 1852. Bd. I. pag. 195 ff. — Cramer, Botan. Beiträge. Zürich 1855 pag. 1 ff. — Unger, Anat. und Physiol. der Pflanzen. Pest 1855 pag. 78, 119, Taf. IV. — Karsten, Ueber die Entstehung des Harzes, Wachses, Gummis und Schleimes durch die assimilirende Thätigkeit der Zellmembranen [Botan. Zeitg. 1857 pag. 313 ff.]. — Mohl, Ueber die Entstehungsweise des Traganthgummi [Bot. Zeitg. 1857 pag. 33 ff.]. — Hofmeister, Ueber die zu Gallerte aufquell. Zellen der Aussenfläche von Samen und Perikarpien [Berichte der Sächs. Gesellsch. zu Leipzig, Bd. X. 1858 pag. 18—36]. — Trécul in Comptes rendus 1860; Journal de l'Institut 1862 pag. 241. — Wigand, Ueber die Desorganisation der Pflanzenzelle, insbes. über die physiol. Bedeutung von Gummi und Harz [Pringsheim's Jahrb. Bd. III. 1863 pag. 155—182]. — Frank, Ueber die anat. Bedeut. und die Entstehung der vegetab. Schleime [Pringsheim's Jahrb. Bd. V. 1866 pag. 161—200]. — Hofmeister, Handb. d. physiol. Botan. Bd. I. [1867] pag. 258 ff. — Hanstein, Ueber die Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen [Botan. Zeitg. 1868 pag. 697 ff.]. — Behrens, Unters. über den anat. Bau des Griffels und der Narbe, Gött. 1875 pag. 28 ff. — Prillieux, Étude sur la formation de la gomme etc. [Ann. des sc. nat. VI^e sér. t. I. 1875 pag. 176—200]. — Reinke, Beitr. zur Anat. der an Laubblättern, besond. an den Zähnen ders. vorkomm. Secretionsorgane [Pringsheim's Jahrb. Bd. X. 1875 pag. 119–178]. — Capus, Anatomie du tissu conducteur [Ann. des sc. nat. VI^e sér. t. VII. 1878]. — Behrens, Die Nectarien der Blüten [Flora 1879 pag. 118 ff., 144 ff., 233 ff., 440 ff.]. — Dalmer, Ueber die Leitung der Pollenschläuche bei den Angiospermen [Jenaische Zeitschr. f. Naturwissensch. Bd. XIV. 1880 a. a. O.].

Es ist eine bereits von Meyen und Unger beobachtete Erscheinung, dass gewisse Zellen und Zellgruppen, deren Wände ursprünglich aus wahrer Cellulose bestehen, durch einen „Desorganisationsprocess" allmählich in isomere Kohlehydratverbindungen übergeführt werden, die in ihrem chemischen, vorzüglich aber in ihrem physikalischen Verhalten von dem Zellstoffe mehr oder minder verschieden sind. Wenn auch die fertigen Producte des Verschleimungsprocesses nicht mehr dem Begriff Cellulose unterzuordnen sind [sie werden unten in dem Abschnitt „Pflanzenschleime" des Näheren behandelt werden], so sind doch die ersten Uebergangsstadien der Cellulose zu Schleimen der ersteren noch in dem Grade ähnlich, dass wir sie an dieser Stelle zu besprechen haben. — Die Cellulosewände verschleimender Zellen oder Zellgruppen haben ganz allgemein die Eigenschaft, durch eine ungemein starke Wasserimbibition um das Vielfache ihres Volumens aufzuquellen, wobei oft die ganze Zelle, immer aber der verschleimende Complex, die ur-

sprüngliche Gestalt einbüsst und sich häufig zu ganz dünner Gallerte verflüssigt. Sind die verschleimenden Zellwände z. B. verdickt und geschichtet, wie bei den den Traganthgummi liefernden Zellen der Markstrahlen von *Astragalus*-Arten [15]), so wird die Schichtung derselben allmählich undeutlicher, bis die entstehende Schleimmasse nahezu structurlos erscheint [16]). Es werden durch diesen Process die ganze Zellwand oder nur ihre äussersten Schichten in Mitleidenschaft gezogen; er endigt mit Verwandlung derselben zu einer in Wasser mehr oder weniger löslichen Gallerte [17]). In anderen Fällen zerlegt sich nur eine mittlere, häufig sehr stark entwickelte Wandpartie in ein flüssiges Amyloïd [Collagen], z. B. bei Epidermiszellen, wo sie bei Wasseraufnahme zu schleimiger Gallerte aufquillt, die überliegende Cuticula blasenartig auftreibt und schliesslich zersprengt [18]). In solchen Fällen bleibt gewöhnlich ausser der Cuticula eine den verschleimenden Complex gegen das Zellinnere abschliessende, dünne Celluloseschicht von dem Desorganisationsprocesse ausgeschlossen. — Immer aber sind es Theile der sehr stark verdickten Zellwand, die zu Schleimen aufquellen, der Vorgang selbst bietet bezüglich seiner Einzelheiten eine beträchtliche Mannigfaltigkeit.

Die aufquellende Substanz stimmt, wie in ihrem anatomischen Verhalten, so auch in ihren chemischen Reactionen bisweilen mit der Cellulose überein. Die in Rede stehende Gallerte färbt sich z. B. am Samen von *Salvia Horminum* und *Teesdalia nudicaulis* durch Jodalkohol und Jodwasser blau [Hofmeister] oder blassblau [Samen von *Linum usitatissimum*]. Jod in Gesellschaft mit Schwefelsäure von gewisser, für jeden einzelnen Fall bestimmter Concentration bläut sie. Die von Jod gebläuten, aufgequollenen Schichten am Samen von *Salvia Horminum* werden bei Zusatz verdünnter Schwefelsäure röthlich [19]). — In anderen Fällen verhalten sich die verschleimten Cellulosecomplexe gegen Jodreagentien anders; oft färben sie sich mit keiner Jodverbindung [Collagene, Hanstein]. Wo, wie bei der Bildung des Traganthgummi, die verschleimenden Zellwände ursprünglich mit Chlorzinkjodlösung Blaufärbung zeigten, wird diese Reaction schwächer in dem Maasse, als die Verschleimung fortschreitet, bis sie ganz verschwindet [Mohl].

---

[15]) Mohl in Botan. Zeitg. 1857 pag. 33 ff.

[16]) Man vergl. Prillieux in Ann. sc. nat. VI^e sér. t. I. pl. V. fig. 1.

[17]) Mohl, l. c. pag. 42 f.

[18]) Hanstein in Bot. Zeitg. 1868 pag. 697 ff. — Behrens in Flora pag. 118 ff., pag. 232 ff.

[19]) Hofmeister in Ber. Sächs. Ges. Leipzig Bd. X. pag. 30.

Andere Schleime ergeben mit Chlorzinkjod, wie mit Jod und Schwefelsäure eine gelbliche Färbung[20]), nur selten tritt die Erscheinung ein, dass jene Schleimcomplexe auch in älteren Stadien mit den genannten beiden Reagentien durch Bläuung noch Reaction auf Cellulose liefern[21]). So zeigen auch die Reagentien mit ihren verschiedenen Wirkungen, dass wir bei dem vorliegenden Processe auf alle Uebergänge von wahrer Cellulose bis zu wahren Schleimen stossen.

Die Untersuchungsmethode verschleimender Zellen betreffend, ist Folgendes zu erwähnen. Schnitte durch verschleimende Samen gewinnt man nach Fenzl's[22]) Angabe am besten, indem man dieselben in Stearin einbettet, mit diesem schneidet und die gewonnenen, die Schnitte enthaltenden Stearinspäne mit absolutem Alkohol auswäscht. Auch kann man das pag. 156 beschriebene, von Koch angegebene Einbettungsverfahren anwenden. Die Schnitte werden zunächst trocken oder besser in absolutem Alkohol, bisweilen auch in ätherischen Oelen studirt, weil Wasserzusatz ein rapides Aufquellen verursachen würde. Da sehr zarte Schleimmassen das Licht nicht wesentlich anders brechen als absoluter Alkohol und daher in demselben nur sehr schwierig erkannt werden können, so muss in diesem Falle dem Alkohol eine geringe Menge irgend eines Farbstoffes zugesetzt werden[23]), welche von dem Schleime nicht aufgenommen wird. Hierzu eignen sich am besten verschiedene Anilinfarben. — Setzt man zu dem im Alkohol studirten Präparat später Wasser, so strecken sich die schleimgebenden Zellen gewöhnlich stark in radialer Richtung, gleichzeitig beginnt das Aufquellen der Schleimcomplexe meist sehr schnell, die aufquellende Substanz zertheilt sich in dem Wasser sofort und entzieht sich dadurch der Beobachtung sogleich. Auch ein Zusatz von Kalilösung zu dem trocknen Präparat bringt ein Aufquellen hervor.

---

[20]) Frank in Pringsheim's Jahrb. Bd. V. pag. 163, 165, 167 etc.

[21]) Kützing, Grundz. d. philos. Bot. Bd. I. pag. 195. — Frank l. c. pag. 168, 181.

[22]) Fenzl in Denkschr. d. Wiener Acad. VIII. Erkl. zu Taf. I.

[23]) Hofmeister, l. c. pag. 21.

3. Holzstoff (Lignin, Holzsubstanz).

Der Holzstoff oder das Lignin [$C_{19} H_{24} O_{10}$?] [24]) bildet die Wände aller derjenigen Zellen, welche „verholzt“ sind [25]). Verholzte Zellen sind gemeiniglich im Holzkörper gelegen, jedoch sind als solche auch andere, isolirt in Parenchymcomplexen gelegene Zellen zu bezeichnen, wie z. B. die „Steinzellen“, welche im Marke zahlreicher Holzpflanzen vorkommen, gleichnamige Zellen im Fruchtfleisch von Pomaceen, ähnliche Zellcomplexe in Rindenschichten etc.

Allen verholzten Zellwänden ist, wie erwähnt [cfr. pag. 266], eine incrustirende Substanz [*substance incrustante, matière incrustante, matière ligneuse*, Payen] eingelagert; sie enthalten relativ mehr Wasserstoff und Kohlenstoff als die Cellulose im engeren Sinne. Nach neueren Untersuchungen Singer's und älteren v. Höhnel's lassen sich vier constante Begleiter der verholzten Gewebe nachweisen, nämlich Vanillin, Coniferin, eine Gummiart, welche dem Arabin nahesteht und vielleicht eine Modification des Holzgummis Thomson's darstellt, endlich ein Körper, der durch Salzsäure sich gelb färbt, dessen chemische Natur aber noch ganz unbekannt ist. Alle diese Bestandtheile lassen sich durch kürzere oder längere Einwirkung kochenden Wassers auf Holzarten extrahiren; sie sind die Träger der charakteristischen „Holzstoffreactionen“. In welcher Beziehung sie zu dem Lignin stehen, kann noch nicht entschieden werden, allein sie deuten darauf hin, dass das, was man Lignin nennt, ein Gemenge von mehreren chemischen Individuen darstellt.

Als die wichtigsten Reagentien für verholzte Zellwände sind Jodlösungen, schwefelsaures Anilin, Phloroglucin, Indol und Phenol-Salzsäure zu nennen.

Das Lignin löst sich ferner, zum Unterschiede von reinem Zellstoff, nicht in Cuprammoniumoxyd [cfr. pag. 273], ist dagegen in Kalilauge [leichter als Cellulose, cfr. pag. 273], concentrirter Salpetersäure,

---

[24]) Näheres bei Burgerstein in Sitzungsber. d. K. Acad. Wien, Bd. LXX, 1. Abth., 1874, pag. 338, Anm.

[25]) Allgemeine Literaturzusammenstellungen findet man in: Sachsse, Chemie u. Physiol. der Farbstoffe, Kohlehydrate u. Proteïnsubst. Lpz. 1877 pag. 144 ff. — Niggl, Ueber die Verholzung d. Zellmembranen [Jahresber. Pollichia 1881]. — Ebermeyer, Physiol. Chem. der Pflanzen. Berlin 1882, Bd. I, pag. 174 ff.]. — Singer, Beiträge zur näheren Kenntniss d. Holzsubstanz u. d. verholzt. Gewebe [Sitzungsber. d. K. Acad. Wien, Bd. LXXXV, 1882, 1. Abth., pag. 345 ff.].

Schwefelsäure und Chromsäure löslich [cfr. pag. 272][26]). Concentrirte Schwefelsäure schwärzt es beim Auflösen. Auch das Schulze'sche Macerationsgemisch [cfr. pag. 137] löst das Lignin sehr leicht[27]).

A. Verhalten des Lignin zu Jodreagentien.

Literatur: Vgl. die pag. 268 citirten Abhandlungen, ferner: Mohl, Einige Bemerk. über d. Bau der vegetab. Zelle [Botan. Zeitg. 1844, pag. 307 ff.]. — Schacht, Lehrb. d. Anat. etc. Bd. I, pag. 16 etc. — Fremy, Recherches sur la comp. chim. du bois [Comptes rendus de Paris, t. XLVIII, 1859, pag. 862 ff.]. — Payen, Compos. de l'enveloppe des pl. et des tissus ligneux [Comptes rendus de Paris, t. XLVIII, 1859, pag. 893 ff.]. — Sanio, Einige Bemerk. über d. Bau des Holzes [Botan. Zeitg. 1860, pag. 193 ff.]. — Sanio, Vergl. Unters. über die Elementarorgane d. Holzkörpers [Botan. Zeitg. 1863, pag. 85 ff.]. — Sanio, Vergl. Unters. über die Zusammensetz. des Holzkörpers [Botan. Zeitg. 1863, pag. 358 ff.]. — Mulder, Physiol. Chem., Bd. I, pag. 209. — Dippel, D. Mikroskop., Bd. II, pag. 96 ff. — Sanio, Zur Anatomie der gem. Kiefer [Pringsheim's Jahrb. Bd. IX, pag. 65 ff.]. — Sachs, Lehrb. d. Bot., pag. 35.

Verholzte Zellwände färben sich auf Zusatz von irgend welchen Jodreagentien, Jodjodkalium, Chlorzinkjod, Jod und Schwefelsäure gelblich, gelb oder bräunlich. Die letztgenannte Nüance wird nur durch Jod und Schwefelsäure, sehr selten auch durch Chlorzinkjod [Sanio] hervorgebracht, in diesem Falle stellt sie jedoch nur ein bräunliches Gelb dar. Die helleren und dunkleren Schichten, welche an verholzten Wänden gemeiniglich wahrzunehmen sind, zeigen bei Anwendung von Jod und Schwefelsäure keine Verschiedenheiten [Mohl] oder es macht sich ein Unterschied in abwechselnd stärkerer und schwächerer Gelbfärbung geltend.

Reine Gelbfärbung zeigen nur die vollkommen verholzten Wandpartien, während unvollkommen verholzte Mischfarben aufweisen. Es sind entweder Uebergänge zwischen Blau und Gelb [Blaugrün, Gelbgrün etc.], oder aber solche, die ins Röthliche ziehen. Die gelbe, Verholzung andeutende Farbe zeigt sich auf Zusatz von Jodreagentien entweder auf der ganzen Ausdehnung der Zellwand, oder diese wird nur

---

[26]) Schwache Säuren lassen häufig die Schichtung der Zellwände deutlicher hervortreten. — Verdünnte Schwefelsäure färbt die jungen Ablagerungsschichten verholzender Membranen schön rosenroth [Hartig, Botan. Zeitg. 1855, pag. 213].

[27]) Hierbei soll sich nach Sanio [Botan. Zeitg. 1860, pag. 204] der Holzstoff in eine körnige Masse zerlegen, welche zuletzt in die Höhlung der Zelle eintritt; setzt man nun Kali hinzu, so löst sich diese körnige Masse mit gelber Farbe darin auf.

partiell gelb gefärbt. In diesem Falle sind es gewöhnlich die peripherischen Wandschichten, welche den stärksten Grad der Verholzung besitzen, während die inneren, dem Zelllumen benachbarten, häufig minder stark verholzt sind.

Sehr verschieden verhält sich die, das Lumen verholzter Zellen auskleidende, auch optisch gewöhnlich unterscheidbare Verdickungsschicht, welche von Sachs als „innere Schale", von Dippel als „tertiäre Membran" bezeichnet wird. Diese färbt sich auf Zusatz von Jod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod nur bisweilen gelb [Sanio][28]), aber auch röthlichgelb, gewöhnlich violett, bläulich oder auch ganz blau, besteht also in diesen Fällen aus schwach verholzter oder unverholzter Cellulose. So besteht beispielsweise die innerste Verdickungsschicht der Holzzellen von *Pinus silvestris* aus reinem Zellstoff.

Aus allen verholzten Membranen lässt sich die incrustirende Substanz durch Maceration entfernen, worauf sie mit Jodreagentien Reaction auf reinem Zellstoff liefern [cfr. pag. 267 und 273 f.].

Methode: Man verfertigt möglichst dünne Schnitte durch die zu untersuchenden verholzten Gewebe und imprägnirt sie, wenn man die Reaction durch Jod und Schwefelsäure [cfr. pag. 272] hervorrufen will, mit Jodjodkalium oder Jodalkohol, indem man sie längere oder kürzere Zeit in ein mit diesen Lösungen gefülltes Schälchen legt. Die adhärirenden Lösungen werden mit destillirtem Wasser abgespült, die Schnitte auf dem Objectträger mit dem Deckgläschen bedeckt, ein Tropfen concentrirte Schwefelsäure zugesetzt und schnell betrachtet. — Meist ist dieser Reaction die durch Chlorzinkjod vorzuziehen; in diesem Falle legt man die angefeuchteten Schnitte sofort in das Reagenz, worin sie bisweilen erst mehrere Stunden verweilen müssen, ehe die gewünschte Reaction eintritt.

B. Verhalten des Lignin zu Anilinsulfat.

Literatur: Runge in Poggendorf's Ann. Bd. XXXI. 1834, pag. 65. — Schapringer in Wochenschr. d. niederösterr. Gewerbevereins, Bd. XXVI, pag. 326. — Wiesner in Karsten's Botan. Unters. 1866, Bd. I, pag. 120. — Wiesner in Sitzungsber. der K. Acad. Wien. Bd. LXII, 1. Abth. 1870, pag. 202. [Separatabdr. pag. 32]. — Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. — Burgerstein, Unters. über d. Vorkommen u. die Entsteh. des Holzstoffes in den Geweben d. Pfl. [Sitzungsber. d. K. Acad. Wien, Bd. LXX, 1. Abth., 1874, pag. 338—355]. — Höhnel. Ueb. Kork und verkorkte Gewebe überhaupt [ebendaselbst, Bd. LXXVI, 1. Abth. 1877, pag.

[28]) Sanio in Botan. Zeitg. 1860, pag. 202.

527]. — Höhnel, Histochem. Unters. über d. Xylophilin u. d. Coniferin [ebendaselbst, pag. 663 ff. u. a. a. O.]. — Sachs, Ein Beitr. z. Kenntniss des aufsteigenden Saftstromes in transpirirenden Pfl. [Arb. d. Botan. Institutes zu Würzburg, Bd. II, Heft 1, 1878, pag. 150 ff.]. — Gaunersdorfer, Beiträge z. Kenntniss der Eigenschaften u. Entstehung des Kernholzes [Sitzungsber. d. K. Acad. Wien, Bd. LXXXV, 1882, 1. Abth. pag. 9—41]. — Singer, Beiträge z. näheren Kenntniss der Holzsubstanz und der verholzten Gewebe [ebendaselbst pag. 345—360].

Während man früher annahm, dass Chlorzinkjod und Jod mit Schwefelsäure stets eine Gelbfärbung verholzter Zellwände hervorbrächten, fand sich später, dass dieses zwar im allgemeinen richtig ist, dass sich jedoch einige wenige Ausnahmen von dieser Regel fänden. — Es war zuerst Wiesner[29]), welcher das Anilinsulfat als eine Substanz bezeichnete, die in angesäuerter Lösung [cfr. pag. 252] in jedem vegetabilischen Gewebe die Holzsubstanz nachzuweisen im Stande sei. Schon vorher hatten Runge und Schapringer makroskopisch constatirt, dass Hölzer mit diesem Stoffe eine intensiv gelbe Färbung annehmen.

Später hat Burgerstein die Einwirkung des Anilinsulfates auf Lignin einer sehr genauen Untersuchung unterzogen und die Ansicht Wiesner's in allen Stücken bestätigt gefunden. Dass das Anilinsulfat [„Wiesner'sches Reagenz"] wirklich ein positives Reagenz auf Holzsubstanz sei, folgert er daraus, dass alle Gewebe, in denen diese Substanz chemisch nachweisbar ist, die Gelbfärbung zeigen, dass alle solche, denen sie durch kräftig oxydirende Mittel [Chromsäure, Schultze'sche Mischung] entzogen ist, nicht mehr durch das Reagenz gefärbt werden[30]).

Methode[31]): Man legt das zu prüfende Gewebe in einen Tropfen destillirten Wassers und lässt einen Tropfen des concentrirten Reagenzes vom Rande zufliessen. Bei sehr saftreichen Geweben setzt man das Reagenz ohne Wasser zu. Kali, Natron, Ammoniak zerstören die gelbe Färbung, Säure stellt sie wieder her. Die Färbung ist eine rein goldgelbe; je nach der Quantität unterliegt sie gewissen Nüancirungen.

Burgerstein hat die verschiedenen Gewebesysteme auf ihre Verholzung mit Hilfe des Anilinsulfats untersucht und gelangt dabei zu folgenden hauptsächlichen Resultaten.

---

[29]) Wiesner in Karsten's Botan. Unters. Bd. I, pag. 120.

[30]) Vesque [Comptes rendus de Paris, t. LXXI, pag. 498] tadelt das Anilinsulfat, da auch andere, nicht verholzte Membranen, damit gelb würden [??]. Schon Höhnel [Sitzungsber. d. K. Acad. Wien, Bd. LXXVI, 1. Abth., pag. 528] tritt dem auf das Entschiedenste entgegen.

[31]) Burgerstein in Sitzungsber. der K. Acad. Wien. Bd. LXX, 1. Abth. pag. 349.

Bei Zellenpflanzen zeigen nur manche Flechtengewebe eine schwache Verholzung, die Gewebe der Pilze und Algen sind nie verholzt. — Bei den Gefässpflanzen können alle Gewebesysteme [Hautgewebe, Gefässbündelgewebe, Grundgewebe] theilweis verholzt sein, und zwar:

A. Hautgewebe[32]). — Epithel, Epiblem, Epidermis sind nach Schacht und Dippel nie verholzt. Burgerstein bestätigt dies; er fand nur jenes Gewebe im Samenflügel von *Pinus* und *Abies* verholzt. — Die Cuticula sowie die Membran der Spaltöffnungszellen verholzen nie. — Haare sind bisweilen verholzt bisweilen nicht. — Das die Oberhaut verstärkende Collenchymgewebe verholzt nie. [Dippel behauptet das Gegentheil][33]).

B. Gefässbündelgewebe[34]). — Die Gefässe im Xylem sind mit wenigen Ausnahmen stets verholzt [schwach bei submersen Theilen von Wasserpflanzen und sehr saftigen Landpflanzen]. — Die Holzzellen sind immer verholzt und zwar, wie alle Forscher annehmen, primäre Membran [Mittellamelle] und Verdickungsschichten immer[35]). Die tertiäre Membran [innerste Schale] ist nach Sachs, Schacht und Dippel nicht, nach Sanio[36]) meist verholzt; Letzterem schliesst sich Burgerstein an. Das Holzparenchym ist, wie schon Sanio[37]) hervorhebt, immer verholzt. — Die Bastzellen sind nach Sachs und Schacht bald verholzt, bald nicht; Burgerstein unterscheidet: a. Bastzellen, deren Membranen in allen Schichten gleich stark verholzt sind, mit Ausnahme der Mittellamelle, die stets am stärksten verholzt erscheint [ganz verholzte Bastzellen]; b. Bastzellen, bei welchen eine Verholzung in den primären und den älteren secundären Verdickungsschichten eingetreten ist, während die jüngeren secundären, sowie die tertiären Schichten unverholzt bleiben [partiell verholzte Bastzellen]; c. Bastschichten, deren sämmtliche Schichten unverholzt sind [unverholzte Bastzellen]. Die verholzten Bastzellen treten am häufigsten auf. — Die Siebröhren sind nicht verholzt. Die Gefässbündelscheide ist immer mehr oder weniger verholzt.

C. Grundgewebe[38]). — Die Markzellen sind meist verholzt, zumal die in der Nähe der Gefässbündel gelegenen, desgleichen die Markstrahlenzellen. — Das parenchymatische Grundgewebe ist meist

---

[32]) Burgerstein l. c. pag. 344 ff.
[33]) Dippel, Mikroskop. Bd. II, pag. 155.
[34]) Burgerstein l. c. pag. 346 ff.
[35]) Sanio in Pringsheim's Jahrb. Bd. IX, pag. 50—126.
[36]) Sanio in Botan. Zeitg. 1860, pag. 202; Pringsheim's Jahrb. l. c.
[37]) Sanio in Botan. Zeitg. 1863, pag. 98.
[38]) Burgerstein l. c. pag. 350 ff.

unverholzt, das Blattparenchym ist nie verholzt. — Sklerenchymzellen sind stets verholzt.

Der Verholzungsprocess beginnt schon sehr frühe und schreitet sehr rasch vorwärts. Zuerst verholzen die Gefässe, dann die Holzzellen und das Holzparenchym, sehr bald darauf die Bastzellen und relativ spät beginnt die Verholzung im Marke.

C. Verhalten des Lignin zu Phloroglucin.

Literatur: Höhnel, Histochem. Unters. über d. Xylophilin und d. Coniferin. I. Ueber d. Xylophilin [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. LXXVI, 1. Abth., 1877, pag. 663—698]. — Höhnel, Ueber den Kork etc. [ebendaselbst pag. 528]. — Wiesner, Note über das Verhalten des Phloroglucins und einiger verwandter Körper auf verholzte Zellmembranen [ebendaselbst Bd. LXXVII, 1. Abth., 1878, pag. 60—66]. — Singer, Beiträge z. näheren Kenntniss der Holzsubstanz und der verholzten Gewebe [ebendaselbst Bd. LXXXV, 1. Abth., 1882, pag. 345—360]. — Poulsen, l. c. pag. 34 [Uebers. pag. 40 f.][39]).

Dieses von Wiesner entdeckte Reagenz färbt in wässeriger oder alkoholischer Lösung, die selbst 0·01procentig sein kann, das Lignin unter Zusatz von Salzsäure intensiv roth-violett.

Methode: Man legt den zu untersuchenden Schnitt unter das Deckglas mit wenig Wasser. Giebt man nun einen Tropfen des je nach Umständen wässerigen oder alkoholischen Reagenzes zu, so entsteht keine Färbung. Wird dann am Rande des Deckglases ein Tropfen concentrirter oder etwas verdünnter Salzsäure zugefügt, so tritt in den verholzten Gewebecomplexen zuerst eine sehr zart violette Färbung auf, welche alsbald intensiver wird, bis sämmtliche ligninhaltigen Gewebe eine gleichmässige, schön violettrothe Farbe zeigen. Verfährt man umgekehrt, d. h. setzt man zu dem mit Salzsäure angefeuchteten Schnitte die Phloroglucinlösung, so tritt gewöhnlich derselbe Effect ein; die Salzsäure allein färbt die Gewebe nicht merklich. — Verfährt man drittens derart, dass man zu dem unbedeckten, nur feuchten Schnitte einen Tropfen des Reagenzes fügt, diesen nahezu verdunsten lässt und sodann die Säure zugiebt, so tritt die Reaction fast momentan ein.

Nach v. Höhnel operirt man mit dem pag. 254 erwähnten Kirschholzextract ähnlich. Man setzt zu dem frischen Schnitt eine geringe

---

[39]) Andeutungen über Hierhergehöriges finden sich in den Werken einiger älterer Schriftsteller. Man findet die betr. Literatur zusammengestellt bei v. Höhnel, l. c. Bd. LXXVI, 1. Abth., pag. 693—698, ausserdem cfr. Weiss und Wiesner, ebendaselbst Bd. XL, pag. 276.

Quantität desselben, lässt grösstentheils verdunsten und fügt die Säure zu. v. Höhnel fand, dass bei einem Querschnitt durch den Stengel von *Anthericum Liliago* bei dieser Behandlung die Epidermis und die darunterliegenden weichen Parenchymzellen, das junge Mark und der Weichbast vollkommen farblos bleiben. Die Gefässe und die Mittellamellen der verholzten Gewebe wurden dunkelviolett, die schwächer verholzten Verdickungsschichten der Holzzellen und die Elemente der Sklerenchymscheide hellviolett[40]).

Ein mit alkoholischer Phloroglucinlösung und concentrirter Salzsäure behandelter Querschnitt durch den Stengel von *Rumex obtusifolius* zeigte folgende Verhältnisse: Die Epidermis und die darunterliegenden, starkentwickelten Collenchymschichten, sowie das darauf folgende, wenigschichtige Rindenparenchym bleiben vollkommen farblos. In den Gefässbündeln färben sich alle Xylentheile inclusive der wenig zahlreichen, weitlumigen Gefässe intensiv dunkelroth-violett, und zwar beginnt diese Färbung bei Anfang der Reaction zuerst in den Mittellamellen deutlich zu werden, später erstreckt sie sich gleichmässig über die ganzen verholzten Wände. Alle Bastcomplexe bleiben vollkommen farblos. Die äussersten Schichten des Markes sind gleichfalls, entsprechend ihrer rothvioletten Färbung, stark verholzt. Nach dem Centrum des Schnittes zu werden die Markzellen allmälig heller violett, die im Centrum gelegenen bleiben ganz farblos, sind also nicht im geringsten verholzt.

Wird der soeben beschriebene Schnitt in destillirtes Wasser gebracht, so verwandelt sich die rothviolette Farbe der verholzten Zellwände alsbald in eine ziegelröthliche, diese wird nach und nach blasser bis endlich der Schnitt ganz farblos erscheint. [Ebenso verhalten sich Alkohol und Aether]. Das Wasser löst das Phloroglucin, letzteres bildete mit dem Holzstoffe keine chemische Verbindung, sondern es war nur mechanisch absorbirt in die Zellwand eingelagert. Der auf diese Weise längere Zeit [5 Stunden lang] sorgfältig ausgewaschene Schnitt nimmt mit Salzsäure trotzdem eine schwach violette Färbung an, da selbst sehr geringe Mengen von Phloroglucin die Reaction hervorrufen [cfr. pag. 253]. Entfernt man aber aus dem tingirten Schnitte durch Abschwenken in Wasser die anhaftende Salzsäure und setzt wenig Ammoniak zu, so schlägt die Farbe momentan in Gelb bis Trüborange um, und zwar zeigen die früher am intensivsten violetten Theile auch jetzt die intensivste Nüance des Gelb. Wäscht man nun das Alkali

[40]) v. Höhnel, l. c. Bd. LXXXI, 1. Abth., pag. 686.

aus und setzt einen Tropfen Salzsäure zu, so tritt die frühere violette Färbung mit derselben Intensität sofort wieder auf. — Ammoniak [Kali-, Natronlauge, basisch reagirende Salze] wirken also entfärbend auf die Phloroglucintinction, Salzsäure [Schwefelsäure, Salpetersäure, sauer reagirende Salze] stellen die Färbung wieder her [man sehe auch v. Höhnel l. c.].

D. Verhalten des Lignin zu Indol.

Literatur: Niggl, Das Indol ein Reagenz auf verholzte Zellmembranen. Mikrochemische Untersuch. [Flora 1881, pag. 545—559, pag. 561—566; auch separat als Dissertation. Regensburg 1881, 22 pagg.]. — Singer, Beiträge zur näheren Kenntniss der Holzsubstanz und der verholzten Gewebe. [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien. Bd. LXXXV, 1. Abth., 1882, pag. 346—360.]

Das Indol bringt nach den kürzlich publicirten Untersuchungen Niggl's eine der Phloroglucinreaction ganz ähnliche Tinction hervor [41]). Es färbt verholzte Membranen bei Assistenz einer Säure kirschroth bis rothviolett.

Methode [Niggl]: Die zu prüfenden Schnitte werden auf dem Objectglase mit einem Tropfen wässeriger Indollösung [cfr. pag. 254] befeuchtet und mit dem Deckglase bedeckt. Hierauf zieht man das Indol mittelst eines Stückes Filtrirpapier theilweise aus und lässt sofort 1 bis 2 Theile der pag. 254 erwähnten, verdünnten Schwefelsäure zufliessen, worauf die Reaction sofort deutlich hervortritt. Die so behandelten Präparate bewahren ihre schöne Farbe längere Zeit. — Würde eine concentrirtere Schwefelsäure angewandt oder wird der Ueberschuss nicht entfernt, so geht die Farbe der verholzten Membranen nach einigen Wochen in Braunroth über. Um letzteres zu verhüten, lässt man die Säure 1 bis 2 Stunden einwirken, zieht sie dann grösstentheils mit Filtrirpapier aus und ersetzt sie durch Glycerin.

Nicht nur in der Färbung zeigen Phloroglucin- und Indolreaction die grösste Uebereinstimmung, sondern auch, wie ich gefunden habe, im Verhalten der gefärbten Membranen zu Basen und Säuren. Versetzt

---

[41]) Noch mehrere andere Stoffe sind in der Neuzeit zu gleichem Zwecke vorgeschlagen worden, wie Pyrol [Niggl], Orcin [Lippmann], Resorcin [Molisch, Wiesner], Pyrogallin [Wiesner], Hydrochinon [Niggl]. Die Wirkung aller dieser Stoffe habe ich nicht nachgeprüft resp. wegen der Seltenheit der genannten Körper nicht nachprüfen können. Dahingegen sind Niggl's Angaben über das Indol sorgfältig nachuntersucht und in allen Fällen als richtig befunden worden.

man nämlich einen mit Indol tingirten, nachher durch Auswaschen von der Säure befreiten Schnitt mit Ammoniak, so verschwindet hier gleichfalls die violette Färbung und an ihrer Stelle treten gelbe bis ocherfarbige Nüancirungen auf. Wird nun der Schnitt wieder gewaschen und mit Schwefelsäure versetzt, so wird die ursprüngliche violette Farbe wieder restituirt. Zum Unterschiede von Phloroglucin ist aber zu erwähnen, dass die Indoltinction nicht wie die des Phloroglucins durch längeres Auswaschen in destillirtem Wasser zerstört wird [mit Indol tingirte Schnitte behalten ihre Färbung in derselben Intensität, wenn sie 24 Stunden und länger in Wasser gelegen haben]. Dies ist also ein Vorzug der Indolreaction gegenüber der des Phloroglucins.

Aehnlich wie Burgerstein [cfr. pag. 283] die Einwirkung des Anilinsulfats auf die verschiedenen Gewebesysteme prüfte, hat Niggl die des Indols studirt; wir geben im Folgenden eine kurze Zusammenstellung seiner Resultate und zwar zur leichteren Vergleichung in derselben Reihenfolge wie die Burgerstein's a. pag. 283.

Zellenpflanzen. Bei Algen fand sich nie Verholzung mit Ausnahme bei stark warzig verdickten Membranen einiger *Cosmarium*-Arten. Bei der Mehrzahl der Pilze trat mit Indol keinerlei Färbung auf; Ausnahmen *Polyporus fomentarius* [rother Schimmer] und *Ochrolechia pallescens*, *Trametes suaveolens* [deutlich roth]. Der Thallus von Flechten verhielt sich verschiedenartig [42]).

Gefässpflanzen.

A. Hautgewebe. — Die Epidermis wird durch Indol und Schwefelsäure nicht gefärbt, Ausnahmen machen die Epidermiszellen der Blätter von *Cinnamomum Culilawan*, *Cycas revoluta*, *flexuosa*, sowie der Nadeln zahlreicher Coniferen. — Die Cuticula ist im allgemeinen unverholzt, Ausnahmen bildet dieselbe an jungen Trieben von *Aesculus Hippocastanum*, *Acer Pseudoplatanus*, *Hippuris vulgaris*. Besteht die Cuticula aus mehreren Schalen, so zeigen diese oft verschiedenes Verhalten, indem zumal die innere sich bisweilen durch Indol röthet. — Die Membran von Trichomen ist ebenso häufig verholzt als unverholzt. — Die Spaltöffnungszellen von Coniferen und Cycadeen werden häufig durch Indol roth gefärbt. — Collenchymgewebe sind nicht verholzt; eine Ausnahme macht das Collenchym des Stengels und Blattes von *Sapindus laurifolius*.

B. Gefässbündelgewebe. — Die Gefässe sind stets verholzt. — Die Holzzellen sind immer verholzt, Mittellamelle und Verdickungs-

---

[42]) Niggl, l. c. Separatabdr. pag. 5 f.

schichten stets, tertiäre Membran (innerste Schale) blieb bei *Astragalus, Caragana, Robinia, Cytisus* ungefärbt. — Die Zellen des Holzparenchyms sind stets verholzt und zwar alle drei Schichten, die innerste färbt sich übrigens in jüngeren Stadien bisweilen nur schwach. — Die Bastzellen zeigen beträchtliche Verschiedenheiten. Niggl beobachtete wie Burgerstein sowohl ganz verholzte als auch vollkommen unverholzte Bastzellen, häufiger jedoch sind die partiell verholzten. Die äussere Schicht fand sich dann gewöhnlich schon in jüngeren Stadien geröthet, während die inneren ungefärbt erscheinen. Später zeigen dann auch die mittleren Partien Reactionen auf Holzstoff. — Die Siebröhren sind unverholzt. — Die Gefässbündelscheide ist partiell wenigstens immer verholzt [43]).

C. Grundgewebe. — Die Markzellen sind gewöhnlich verholzt; die Markstrahlenzellen sind stets verholzt, Ausnahme *Aristolochia Sipho*. — Das Hypoderm ist bisweilen verholzt, selten auch das Blattparenchym (*Cycas revoluta, C. flexuosa*). — An Sklerenchymzellen lässt sich stets eine Verholzung constatiren.

Der Verholzungsprocess beginnt am frühesten in den Gefässen.

E. Verhalten des Lignin zu Phenol-Salzsäure.

Literatur: Tiemann und Haarmann, Ueber d. Coniferin und seine Umwandlung in das aromat. Princip der Vanille [Ber. Deutsch. Chem. Gesellsch. Bd. VII, 1874, pag. 608 ff.]. — Tangl, Vorläuf. Mitth. über die Verbreitung des Coniferin [Flora 1874, pag. 239 ff.]. — Rud. Müller, Ueber Coniferin [l. c. pag. 399]. — v. Höhnel, Ueber den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. LXXVII, 1. Abth., 1877, pag. 700 ff.]. — v. Höhnel, Histochem. Unters. über d. Xylophilin u. d. Coniferin. II. Ueber d. Coniferin [ebendaselbst pag 699 ff. — Singer, Beitr. z. näheren Kenntniss d. Holzsubstanz und verholzten Gewebe [ebendaselbst Bd. LXXXV, 1. Abth., 1882, pag. 347 ff.].

Es war bereits seit längerer Zeit den Chemikern bekannt, dass ein Fichtenspahn durch Phenol und Salzsäure blau werde. Später bewiesen Tiemann und Haarmann, dass diese Färbung von einem im Holze vorhandenen Stoffe, dem von Th. Hartig entdeckten Coniferin, herrühre. Tangl zeigte fast gleichzeitig, dass eine ähnliche Reaction nicht nur im Holze von Coniferen, sondern auch von *Sambucus nigra, Populus balsamifera, Fraxinus excelsior* und *Vitis vinifera* aufträte. v. Höhnel sprach später die Vermuthung aus, dass das Coniferin ein Bestandtheil aller verholzten Gewebe sei, dass daher die Phenol-Salzsäurereaction zum Nachweis verholzter Complexe dienen könne. — Singer bestätigt die

[43]) Näheres bei Niggl l. c. pag. 12—14.

Ansicht v. Höhnel's durch kürzlich angestellte Untersuchungen. Während man früher annahm, dass die Reaction allgemein nach blosser Befeuchtung mit Phenol und darauf mit Salzsäure einträte, ist dazu nach v. Höhnel auch die Einwirkung directen Sonnenlichtes nöthig.

Methode [v. Höhnel[44])]: Man benutzt die pag. 253 beschriebene Phenolsalzsäure. Mit der vollkommen klaren Lösung erhält man sehr schöne und reine Präparate, wenn man nicht zu dünne Schnitte mit möglichst wenig derselben befeuchtet und unter dem Deckglase dem directen Sonnenlichte aussetzt. Es genügt, wenn die Bestrahlung $^1/_2$ bis 1 Minute dauert; nach dieser kurzen Zeit hat der Schnitt die intensivste Färbung; dauert die Insolation länger, so nimmt die Stärke und Lebhaftigkeit der Färbung immer mehr und mehr ab, wird meergrün oder gelbgrün. Die schöngrüne Farbe ist nur den wirklich verholzten Membranen eigenthümlich; alle, welche sich mit Chlorzinkjod bläuen, die Epidermis, holz- und zellstoffarme Korke bleiben ungefärbt oder färben sich in Folge des Salzsäuregehaltes gelblich[45]). Der Schnitt muss sofort untersucht werden, weil die grüne Farbe nicht haltbar ist. Bei Mangel von directem Sonnenlicht kann man auch künstliches concentrirtes Licht, jedoch mit schwächerem Erfolge, anwenden. Sehr schöne Präparate geben Luftwurzeln von Orchideen, monokotyle Stengel, Hölzer von *Evonymus*, *Aesculus* und Coniferen.

Nach Tommaso und Donato Tommasi[46]) wirkt das „Coniferinreagenz" bedeutend wirksamer, wenn man das auf Verholzung zu prüfende Object zuerst mit einem Gemenge von Phenol und Kaliumchlorat, sodann mit Salzsäure befeuchtet. Hierbei tritt Blaufärbung auch im diffusen Lichte, und zwar intensiver und augenblicklich ein, ohne dass sich die Präparate nach tagelangem Liegen entfärben.

* * *

Zum Zweck der Empfindlichkeitsbestimmungen der Holzstoffreactionen hat Singer[47]) mit gleich concentrirten Lösungen von Phloroglucin, Indol, Pyrol, Anilinsulfat, Resorcin, Paratoluidin, Pyrogallussäure etc.

---

[44]) v. Höhnel, l. c. Bd. LXXVI, pag. 700 ff.

[45]) Salzsäure allein färbt verholzte Gewebe und auch einiges Andere schwächer oder intensiver gelb. Die Färbung ist jedoch meist sehr schwach und unhaltbar, Zusatz von Wasser zerstört sie bereits.

[46]) Tommaso und Donato Tommasi, Ueber d. Fichtenholzreaction zur Entdeckung des Phenols im Urin. [Ber. dtsch. chem. Gesellsch., 1881, pag. 1834 ff.]. — Cfr. auch Singer, l. c. pag. 353 f.

[47]) Singer, l. c. pag. 358.

experimentirt, indem er dieselben auf gleichmässig verholzte Gewebe einwirken liess und gelangt dabei zu dem Resultate: „dass bei einer 0·01procentigen Verdünnung nur Phloroglucin, Indol und Pyrol lebhafte, in ihrer Intensität ziemlich gleiche Färbungen hervorzurufen im Stande sind. Aber auch bei einer viel weiter gehenden Verdünnung vermochten die letztgenannten Reagentien Färbungen zu erzeugen, und erst bei einer 0·001procentigen Concentration war die Grenze für die Wirksamkeit des Phloroglucins gekommen [cfr. auch pag. 253], während das Indol [weniger das Pyrol] noch auf 0·0007 Procent verdünnt [insbesondere nach mehrstündiger Einwirkung], das Fichtenholz färbt.

Es ist somit Indol das empfindlichste Reagenz, welches wir zum Nachweise der Verholzung besitzen. Es bewährt sich aber nicht als das brauchbarste; denn abgesehen davon, dass es sehr theuer [1 Gramm kostet 70 Mark] und für die Dauer nicht haltbar ist, erfordert das Arbeiten mit Schwefelsäure, da diese, concentrirt angewendet, alle vegetabilischen Substanzen zerstört, grosse Vorsicht.

In Anbetracht dessen und mit Rücksicht darauf, dass auch das Pyrol schwer zu beschaffen und eine schon nach wenigen Stunden sich verändernde Substanz ist, muss man dem Phloroglucin in Verbindung mit Salzsäure vor allen anderen Holzstoffreagentien den Vorzug geben".

Diesem habe ich nach meinen Versuchen mit Anilinsulfat, Phloroglucin und Indol hinzuzufügen, dass ich bezüglich der Empfindlichkeit des Indols mit Singer übereinstimme, dass es mir aber scheint, als ob das Indol auch vor dem Phloroglucin den Vorrang verdiene. Die Präparate scheinen sich, mit Indol tingirt, weit besser zu halten, als die mit Phloroglucin behandelten, wenn man nur die Säure mit destillirtem Wasser sorgfältig auswäscht, und sie in Glycerin bewahrt; die Anwendung einer Schwefelsäure von dem Verdünnungsgrade 1 : 4 schützt die Präparate genügend vor Zerstörung. Was endlich die Zersetzbarkeit des Indols anbelangt, so muss ich bemerken, dass ich eine wässerige Indollösung besitze, welche nunmehr 7 Monate lang ihre Wirksamkeit, allerdings auch ihren penetranten Geruch, vollkommen bewahrt hat.

4. Mittellamelle, Intercellularsubstanz.

Literatur: Mohl, Verm. Schr., pag. 314 ff. etc. — Mohl, Die veget. Zelle, pag. 196. — Wigand, Intercellularsubstanz und Cuticula, Brschwg. 1850. — Schacht, Lehrb. d. Anat. u. Phys. d. Gew. 1856, Bd. I, pag. 108. — Sanio, Ueber Intercellulars. im Holz [Bot. Ztg., 1860, pag. 208—213]. — Vogl, Ueber d. Intercellulars. u. die Milchsaftgef. in d. Wurzel des

gem. Löwenzahns [Sitzungsber. der K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. XLVIII, 2. Abth., 1863, pag. 668—690]. — Wiesner, Unters. über d. Auftreten v. Pectinkörpern in den Geweben d. Runkelrübe [ebendaselbst, Bd. L, 2. Abth., 1865, pag. 442—453]. — Hofmeister, Lehre v. d. Pflanzenzelle, 1867, §. 31. — Wiesner, Einl. in d. techn. Mikroskopie. Wien 1867, pag. 62, 244, 246 etc. — Dippel, Die Intercellulars. und deren Entstehung. Rotterd. 1867. — Dippel, Mikroskop, Bd. II, pag. 99 ff. — Sachs, Lehrb. pag. 72. — Dippel, D. neuere Theorie über d. feinere Structur d. Zellhülle etc. [Schr. d. Senckenbergischen Gesellsch., Bd. X, XI, 1875—78, pag. 41 ff.]. — Solla, Beiträge z. näheren Kenntn. der chem. u. physikal. Beschaffenh. der Intercellulars. [Oesterr. bot. Zeitschr. 1879, pag. 341—353]. — v. Höhnel, Notiz über d. Mittellamelle der Holzelemente etc. [Bot. Zeitg. 1880, pag. 450 ff.]. — Vgl. auch theilweise die pag. 268 f. und 281 ff. citirten Schriften.

Unter dem Begriff mittlere Lamelle oder Mittellamelle versteht man bekanntlich die homogene, gemeinschaftlich zwischen zwei Zellen gelegene, scharf abgegrenzte Haut, welche, wie es scheint, sich aus der, aus Cellulose bestehenden Primärmembran, durch chemische Metamorphosen umbildet[48]) und alsdann oft gewisse Löslichkeitsverhältnisse annimmt. Zumal in Holzgeweben ist dieselbe wegen ihrer leichten Sichtbarkeit allgemein bekannt. Von vielen Anatomen wird für dieselbe das Wort Intercellularsubstanz als Synonym gebraucht, während Sachs und Wiesner zwischen beiden Ausdrücken unterscheiden, und den letzten nur für zwischen den Zellen gelegene gallert- oder pectinartige Massen angewendet wissen wollen, welche sich nach Beendigung des Zellwachsthums durch chemische Metamorphosen in der Art bilden, dass mehr oder minder mächtige Antheile der Zellwand hierbei homogen werden [Endosperm von *Ceratonia Siliqua*, Fucaceengewebe].

Die Ansichten der Botaniker über Entstehung und chemische Natur der Mittellamelle oder Intercellularsubstanz sind nicht immer dieselben gewesen. Schacht[49]) nahm an, dass die Intercellularsubstanz ein von der Cellulose verschiedener Bindekitt zwischen den Zellen sei. Nach Dippel[50]) ist die Mittellamelle [die er primäre Zellstoffhülle nennt] nicht homogen, sondern sie besteht aus zwei correspondirenden Zellstoffschichten und einer dazwischenliegenden „Intercellularsubstanz"; die letztere soll hervorgehen aus der cambialen, aus einer dem Zellstoff zwar isomeren, aber doch wesentlich verschiedenen Verbindung gebildeten

[48]) Es muss also zwischen Primärmembran und Mittellamelle strenge unterschieden werden, was selbst in einigen botanischen Handbüchern nicht nachdrücklich geschieht.

[49]) Schacht, Lehrb. d. Anat. u. Physiol. d. Gew. Bd. I, pag. 129.

[50]) Dippel, Mikroskop, Bd. II, pag. 103 f.

Wandung der Gewebezellen, und zwar der Tochter-, nicht der Mutterzellen, welche letztere, sobald sie ihre Function erfüllt haben, aufgelöst und resorbirt werden. Jene Verbindung begünstigt eine Verschmelzung der zusammenstossenden Hüllen wesentlich und erleidet in der Folge Umwandlungen, die dem Zellstoff nicht eigen sind. — Nach Wigand [51]) besteht die Intercellularsubstanz aus den innig mit einander verschmolzenen, primären Wandungen, welche Ansicht auch von Sanio [52]) vertreten wird, der hinzufügt, dass die Intercellularsubstanz ganz oder partiell verholzt sei, und zwar greife diese Verholzung bisweilen in ihr früher Platz als in den secundären Zellschichten; sie färben sich daher mit Chlorzinkjod gelb; entferne man aber die eingelagerten Verholzungsstoffe durch Kochen in Aetzkali, so gäbe nun Chlorzinkjod Reaction auf Zellstoff. Die Ansicht der beiden zuletztgenannten Forscher ist die heute giltige.

Neuere Untersuchungen Solla's [53]) lehren, dass die Intercellularsubstanz oder Mittellamelle im Laufe der Entwicklung der Gewebe verschiedene chemische wie physikalische Umänderungen eingeht. Sie ist molecular verschieden von den angrenzenden Zellwandschichten. Die erste Anlage der Intercellularsubstanz ist entweder reine Cellulose [Cambium] oder [Stammspitze] ein Stoff, in welchem erst später, im jungen Dauergewebe, Cellulose nachweisbar ist. Die Intercellularsubstanz der jungen Dauergewebe besteht in der Regel aus Cellulose. In völlig ausgebildeten Dauergeweben ist die Cellulose in ihr nur selten nachweisbar [in manchen Bastarten]; gewöhnlich geht dieselbe verschiedene Metamorphosen ein, und sie zeigt dann den Reagentien gegenüber ein sehr verschiedenes Verhalten. Diese Metamorphosen führen schliesslich bisweilen zur vollständigen Lösung verbundener Zellen.

Reactionen: Von den Jodreagentien bewirken Jod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod meist eine gelbe Färbung der Mittellamelle [54]); nach vorheriger Behandlung mit kochender Kalilauge geben diese Reagentien blaue oder violette Farbentöne [Cellulosereaction] [55]). Diese letzten Färbungen treten jedoch in allen solchen Fällen unmittelbar auf, in denen die Mittellamelle aus reiner Cellulose besteht [Solla]. Partiell verholzte Mittellamellen liefern auch, entsprechend ihrer theilweisen Verholzung, Mischfarben zwischen Gelb und Violett. — Kochende

---

[51]) Wigand, Botan. Unters. pag. 79 etc.
[52]) Sanio in Bot. Zeitg. 1860, pag. 210 ff.
[53]) Solla in Oesterr. Bot. Zeitschr. 1879, pag. 341—353.
[54]) Sanio, l. c. Taf. VI, Figg. 10—12, 15.
[55]) Sanio, l. c. Taf. VI, Fig. 16.

Salpetersäure in Verbindung mit Ammoniak giebt der Intercellularsubstanz häufig eine hochgelbe Färbung [Solla, v. Höhnel]. — Phloroglucin und Indol verhalten sich der Mittellamelle gegenüber meist so wie den verholzten Verdickungsschichten der Zellen; wo die Reaction allmählich eintritt, färben sich die Mittellamellen früher und intensiver als die Ablagerungsschichten [cfr. pag. 285].

Auflösenden Reagentien gegenüber verhält sich die Intercellularsubstanz gleichfalls sehr verschieden; auch je nach dem Alter derselben ist ihre Löslichkeit nicht die gleiche [56]). Regel ist, dass Cuprammoniumoxyd, concentrirte Schwefelsäure und verdünnte Chromsäure, kalt angewendet, sie nicht lösen [57]) [cfr. pag. 267]; concentrirte Chromsäure löst schwer, Schultze'sches Macerationsgemisch leicht. — Die Intercellularsubstanz zarterer Gewebe wird bisweilen schon ganz oder theilweise durch Einfluss siedenden Wassers gelöst, [z. B. im Parenchym der Runkelrübe; Wiesner]; Essigsäure löst die Intercellularsubstanz der Kartoffel nach längerer Zeit [58]), sehr langsam lösen Wein- und Oxalsäure [Wiesner, Solla]. Kalilauge, Salpeter- und Salzsäure bringen schneller eine Lösung zuwege [Kartoffel, Mark von *Sambucus*]. Die Mittellamellen im Holze werden durch kochende Salz- und Salpetersäure, wie durch starke Chromsäure meist rasch gelöst. Kalilauge löst die Intercellularsubstanz gewisser Bastfasern wie im Parenchym der Runkelrübe langsam [Wiesner].

Die Intercellularsubstanz kann in gewissen Fällen einer Pectose-Metamorphose unterliegen. Mulder [59]) und Kabsch [60]) führen zuerst an, dass die Pectose in manchen Zellwänden vorkomme; letzterer zeigt auch, dass sie an der Grenzschichte der Zellen, meist innig gemengt mit Cellulose, als Intercellularsubstanz auftritt. Vogl [61]) ferner findet, dass die Intercellularsubstanz der Löwenzahnwurzel entsteht durch Verwandlung der Cellulose in Pectose. Wiesner studirte

[56]) Wiesner in Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien. Bd. LXII, 1. Abth. pag. 201.

[57]) Nach Wiesner [Einleit. in d. techn. Mikrosp. pag. 47] wird die Intercellularsubstanz durch Chromsäure stets gelöst [cfr. auch Wiesner in Sitzungsber. d. K. Acad. Wien. Bd. LXII, 1. Abth., pag. 200 f.]. — Nach H. Müller [amtl. Ber. über d. Wiener Weltausstell. 1873. Brschwg. 1877, Bd. III, 1. Abth., 2. Hälfte, pag. 27 ff.] löst sich die Intercellularsubstanz des Holzes auch durch Bromwasser.

[58]) Solla, l. c. pag. 344.

[59]) Mulder, Physiol. Chem. pag. 514.

[60]) Kabsch in Pringsheim's Jahrb. Bd. III, pag. 367.

[61]) Vogl, Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien. Bd. XLVIII, 2. Abth., 1863, pag. 668 ff.

das Auftreten von Pectinkörpern in der Runkelrübe und findet übereinstimmend mit Kabsch und Vogl, dass die Intercellularsubstanz der Sitz der Pectinstoffe ist, und dass die Pectinkörper vornehmlich ein Umsetzungsproduct der Mutterzellhäute sind, dass aber nicht nur Parenchymcomplexe, sondern auch Cambial-, Gefäss- und Holzzellen, ebenso Peridermzellen als Träger von Pectinstoffen auftreten können [62]). Diese Pectose-Metamorphose kann in gewissen Fällen zur Gallertebildung und zur Lockerung oder Auseinanderfallen der einzelnen Zellen führen. — Erwähnt mag noch werden, dass pectinsaure Salze in vielen Pflanzen nachgewiesen sind, nach Fremy ist pectinsaurer Kalk in manchen Geweben „das Bindemittel der Zellen", nach Maudet ist er Bestandtheil des Markes von *Aralia papyrifera;* nach Gireaud findet sich Pectinsäure in grösserer Menge im Traganthgummi [63]).

Aufquellen in siedendem Wasser und Kalilauge, Löslichkeit in letzterer documentirt die Anwesenheit von Pectinstoffen. Nach Poulsen [64]) wird durch Cuprammoniumoxyd in pectinhaltigen Geweben pectinsaures Kupfer gefällt, welches auf dünnen Querschnitten nach der vollständigen Lösung der übrigen Membrantheile zurückbleibt.

Die Untersuchungsmethode der Intercellularsubstanz mit Reagentien ergiebt sich aus dem über das Lignin Gesagten. Sollen auflösende Reagentien in der Hitze auf dieselbe angewandt werden, so nimmt man die Operation zweckmässig in einem kleinen Uhrgläschen vor. Dieses erhitzt man nicht über freier Flamme, sondern stellt es nach Sanio's [65]) Vorgange auf ein dünnes Eisenblech, welches seinerseits soweit erhitzt wird, bis der Inhalt des Uhrgläschens ins Sieden geräth.

5. Verkorkte Cellulose, Suberin [incl. Cutin, Pollenin].

Literatur: Kroker, De plantar. epidermide observ. Vratisl. 1833. — Mohl, Unters. über d. Entwickl. des Korkes u. d. Borke auf der Rinde der baumart. Dikotylen [Verm. Schr. pag. 212—232; auch Diss. aus d. Jahre 1836]. — Mohl, Unters. über d. Lenticellen [ebendaselbst, pag. 233—245; auch Diss. vom Jahre 1836]. — Mohl, Ueber d. Cuticula der Gewächse [ebendaselbst, pag. 260—268; auch Linnaea 1842]. — Fritsche, Ueber den Pollen. Petersbg. 1837. — Nägeli, Entwicklungsgesch. d. Pollens etc.

---

[62]) Wiesner, ebendaselbst, Bd. L. 2. Abth., 1864, pag. 450.
[63]) Husemann, Pflanzenstoffe, Bd. I [1882], pag. 186.
[64]) Poulsen, Botanisk Mikr., pag. 57 [Uebers. pag. 69 f.].
[65]) Sanio in Bot. Zeitg. 1860, pag. 211, Anm.

Zürich 1842. — Cohn, De cuticula. Vratisl. 1850. — Schacht, D. Pflanzenzelle, pag. 239. — Hanstein, Ueber d. Bau u. d. Entwickl. d. Baumrinde. Berl. 1853. — Fremy, Recherches chim. sur la cuticule [Comptes rendus de Paris, t. XLVIII, 1859, pag. 667 ff.]. — Sanio, Ueber d. Bau u. die Entwickl. des Korkes [Pringsheim's Jahrb. Bd. II, 1860, pag. 39—108]. — Schacht, Ueber d. Bau einiger Pollenkörner [ebendaselbst, pag. 109—159], — Pollender, Die Chroms., ein Lösungsmittel für Pollenin u. Cutin [Bot. Zeitg., 1862, pag. 405]. — Faivre, Sur les plaies d'écorce par incis. annul. et sur leurs effets etc. Paris 1864. — Flückiger, Lehrb. d. Pharmakogn. d. Pflanzenreiches. Berl. 1867, pag. 336. — de Bary, Ueber d. Wachsüberzüge der Epidermis [Bot. Zeitg. 1871, pag. 128 ff.]. — Pfitzer, Beitr. z. Kenntn. d. Hautgewebe d. Pfl. [Pringsheim's Jahrb., Bd. VII, pag. 532 ff., Bd. VIII, pag. 73 ff.]. — Hegelmaier, Ueber d. Bau u. die Entwickl. einiger Cuticulargebilde [ebendaselbst, Bd. IX, pag. 286 ff.]. — Haberlandt, Ueber d. Nachweisung der Cellulose im Korkgewebe [Oesterr. bot. Zeitschr. 1874, pag. 229—234]. — Müller, R., Die Rinde unserer Laubhölzer. Bresl. 1875. — Tschistiakoff, Ueber d. Entwicklungsgesch. des Pollens v. Epilobium angustifol. [Pringsheim's Jahrb., Bd. X, pag. 7—45]. — v. Höhnel, Ueber den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. LXXVI, 1. Abth., 1877, pag. 507—562; cfr. auch Bot. Zeitg. 1877, pag. 783 ff.]. — v. Höhnel, Ueber d. Cuticula [Oesterr. Bot. Zeitg. 1878, Nr. 3 u. 4]. — Niggl, D. Indol, ein Reagenz auf verholzte Zellmembranen, pag. 9 f.

Die verkorkte, resp. cuticularisirte Cellulose findet sich einestheils in den als Korklagen wohlbekannten, oft mächtigen, intercellularraumfreien, meist nicht sehr verdickten Zellschichten und ihren späteren Derivaten, sodann in der Endodermis, ferner in jenem feinen, continuirlichen Häutchen, welches die Aussenwand der Epidermiszellen überzieht, endlich in der äusseren Hüllhaut der Pollenkörner und vieler Sporen. — Nach de Bary's [66]) und zumal v. Höhnel's [67]) Untersuchungen greift die Verkorkung nicht in allen Regionen der Korkzellwände Platz, sondern sie ist auf ganz bestimmte, gewöhnlich scharf markirte Zonen derselben beschränkt. Nach v. Höhnel besteht fast jede Korkzellwand [excl. manche jungen Korkzellen von Coniferen], die zwei benachbarten Zellen angehört, aus folgenden fünf Lamellen: 1) aus einer mittleren, stark verholzten Platte, die sich von der Mittellamelle [cfr. pag. 290 ff.] in nichts unterscheidet oder aber nur theilweise verholzt ist; 2) aus zwei, dieser beiderseits aufliegenden Suberinlamellen; 3) aus zwei, den Suberinlamellen aufliegenden, an das Zelllumen unmittelbar

---

[66]) de Bary in Bot. Zeitg. 1871, pag. 128 ff.

[67]) v. Höhnel in Sitzungsber. d. K. Acad. Wien, Bd. LXXVI, 1. Abth., pag. 507 ff.

angrenzenden Celluloselamellen [Cellulosesch läuchen], welche mehr oder minder stark verholzt sind.

Der die Suberinlamellen bildende Korkstoff ist seiner chemischen Natur nach ebensowenig bekannt als das Lignin etc. Nach Mitscherlich, Döpping u. A. soll sich der Korkstoff durch einen Stickstoffgehalt von 1·5 bis 2·3 % auszeichnen, während nach v. Höhnel kein Grund vorliegt, einen Stickstoffgehalt anzunehmen, da Eiweisssubstanzen im Suberin keineswegs nachweisbar wären. Das Suberin enthalte aber wenigstens 73 bis 74 % Kohlenstoff und 10 % Wasserstoff [woraus dann folgt, dass 16 bis 17 % Sauerstoff vorhanden sind]; es sei in siedendem Alkohol unlöslich und stehe seiner chemischen wie physikalischen Natur nach zwischen Wachs und Cellulose. De Bary[68]) hat gezeigt, dass in den Cuticularbildungen häufig, vielleicht immer, geradezu eine moleculare Einlagerung von Wachs stattfindet. Eine sehr charakteristische, physikalische Eigenthümlichkeit der Korkstofflamellen ist die, dass sie diosmotisch fast ganz impermeabel sind, wie bereits von Sanio[69]) durch eine Reihe sehr schlagender Experimente bewiesen wurde.

Wie bei den anderen Cellulosemodificationen, so kann auch in Suberinlamellen häufig reiner Zellstoff nachgewiesen werden, wenn man die „incrustirenden Substanzen" auf eine der früher beschriebenen Methoden [cfr. pag. 267, 279] entfernt. Die ersten, welche auf diese Eigenthümlichkeit aufmerksam gemacht haben, sind Mohl[70]) und Hofmeister[71]) gewesen. Ersterer wies die Cellulose im Flaschenkorke nach Maceration mit Kalilauge nach; letzterer giebt an, dass die geschichteten Cuticularschichten der Epidermiszellen von *Hoja carnosa* mit Jodreagentien sehr deutlich blaue Färbung geben, wenn sie, abgeschlossen von der äusseren Luft, zwei bis drei Wochen mit concentrirter Kalilauge behandelt werden. Dieselbe Reaction lässt sich in der Cuticula der Blätter von *Orchio Morio* nach vorheriger Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure erzielen. „Es fällt mit diesem Nachweis der Hauptgrund der Auffassung der Cuticula als einer von der Cellulosehaut wesentlich verschiedenen Membran"[72]). — Nach de Bary[73]) wird die Cuticularsubstanz

---

[68]) de Bary in Bot. Zeitg. 1871, pag. 593 ff.

[69]) Sanio in Pringsheim's Jahrb., Bd. II, pag. 54 f. — Man sehe auch de Bary, l. c.; Hanstein in Bot. Zeitg. 1868, pag. 708, 748; Behrens in Flora 1879, pag. 374 f.

[70]) H. v. Mohl in Bot. Zeitg. 1847, pag. 497.

[71]) Hofmeister in Ber. d. K. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. Leipzig, Bd. X [1858], pag. 21.

[72]) Man sehe auch v. Mohl, Vermischte Schr., pag. 263.

[73]) de Bary, l. c. pag. 578.

des Blattes von *Klopstockia* schon bei Einwirkung warmer, zehnprocentiger Kalilauge leicht völlig zerstört, worauf die Cellulosewände rein zurückbleiben. — Haberlandt, welcher die eingehensten Untersuchungen über die Nachweisung der Cellulose im Kork angestellt hat, findet, dass die Maceration durch Chromsäure und Schultze'sches Gemisch, vorzüglich aber dadurch geschehen kann, dass man den zu prüfenden Schnitt in Kaliumchlorat und Salpetersäure kocht und dann noch vor seinem gänzlichen Zerfallen einige Augenblicke hindurch mit kochender Kalilauge behandelt. Nach Auswaschen mit Wasser werden dann die Membranen des zertheilten Gewebes durch Chlorzinkjodlösung intensiv blau gefärbt und durch Cuprammoniumoxyd gelöst [74]).

Die in Korkstoff verwandelten Membranpartien sind durch einige charakteristische Reactionen leicht als solche zu erkennen. Mit der Mittellamelle haben sie überein, dass sie in Cuprammoniumoxyd wie in concentrirter Schwefelsäure vollständig unlöslich sind. Letztere färbt die cuticularisirte Exine mancher Pollenkörner häufig schön rosenroth [75]), seltener gelb. Essigsäure bringt die Exine mancher Farnsporen zum Aufquellen [76]).

Chromsäure, selbst concentrirte, löst Suberin nicht oder doch nur sehr schwer. v. Höhnel benutzt diese daher zum Nachweis des Suberin [Chromsäure-Reaction] [77]): Man wendet eine reine, ziemlich concentrirte Lösung an. Sie lässt verkorkte Membranen scharf und deutlich hervortreten, während die übrigen erst immer undeutlicher werden und dann völlig verschwinden. Verkorkte Membranen werden von der Säure, wie bemerkt, nur schwierig gelöst, erst nach acht- bis zehnstündiger Einwirkung derselben werden sie durchsichtiger; sehr stark verkorkte halten sich aber in ihr wochenlang; schliesslich werden auch sie ganz durchsichtig. Wäscht man nun die Chromsäure aus, so treten sie wieder scharf und dunkel hervor. Diese Eigenthümlichkeit haben auch die cuticularisirten Membranen.

Jod mit Schwefelsäure, sowie Chlorzinkjod färben die verkorkte Cellulose gelb oder braun, selbst tiefbraun. Wird nach Mohl [78]) die Cuticula mit Jod imprägnirt, so färbt sie sich tief gelb

[74]) Haberlandt in Oesterr. Bot. Zeitschr. 1874, pag. 232 f.

[75]) Schacht in Pringsheim's Jahrb., Bd. II, pag. 134 etc., Taf. XVIII, Figg. 10, 11, 14, 15, 31, 32.

[76]) Fischer v. Waldheim in Pringsheim's Jahrb., Bd. IV, pag. 375.

[77]) v. Höhnel, l. c. pag. 526.

[78]) v. Mohl, Verm. Schr., pag. 261. — Näheres über die Färbung der Cuticula durch Jod sehe man übrigens daselbst pag. 260—267; dazu zu vergl. die Abbildungen auf Taf. IX u. X.

oder braun; behandelt man sie nun mit Schwefelsäure, so löst sich die Cuticula ab und ist dann sehr gut zu sehen; selten wird sie bei diesem Processe noch dunkler braun[79]). Die Exine von Pollenkörnern färbt sich mit Jod und Schwefelsäure ganz ähnlich[80]), desgleichen viele Sporen, z. B. Farnsporen.

Indol mit Schwefelsäure [cfr. pag. 286 ff.] lässt verkorkte Zellen, wie die Cuticula, ungefärbt[81]), wenigstens die „Suberinlamellen" zeigen nie eine Färbung, während in den Wänden älterer Korkzellen nach dieser Behandlung eine Rothfärbung bemerkbar ist. Sie betrifft aber, wie auf sehr feinen Schnitten constatirt werden kann, stets nur die Mittellamelle. Junge Korkzellen zeigen keine Röthung.

Concentrirte Kalilauge bringt bei gewöhnlicher Temperatur keine merkliche Veränderung der Korkgewebe hervor, ausser dass sie sie schwach gelb färbt. Wird der Objectträger über einer kleinen Flamme langsam, jedoch nicht ganz bis zum Kochen erhitzt, so wird die Färbung dunkler, die Membran selbst mehr oder weniger gequollen, und mindestens eine bestimmte Lamelle derselben zeigt ein gekörneltes Aussehen. [Reine Cellulosemembranen quellen nur, bleiben übrigens aber glatt]. Beim Kochen wird die Körnelung stärker, und in den meisten Fällen tritt die gekörnelte und gestrichelte Substanz aus der Membran heraus. Wird der Schnitt nun mit Wasser ausgewaschen, so werden die körnigen Massen grösstentheils zerstört. Es zeigt sich nun, dass jede auch noch so dünne Korkzellwand aus drei Membranlamellen besteht [cfr. pag. 295], eine mittlere, gemeinsame und zwei den beiden angrenzenden Zellen gehörige, welche Lamellen oft durch sehr breite Zwischenräume von einander getrennt sind. Diese Zwischenräume waren ursprünglich mit der körnigen Masse ausgefüllt. — Verkorkte Zellen nehmen also, in der Kälte mit concentrirter Kalilauge behandelt, eine gelbe Färbung an, während alle anderen Zellmembranen ungefärbt oder blassgefärbt bleiben; beim Erhitzen wird die Gelbfärbung der ersteren intensiver, die der letzteren schwächer [Kalireaction v. Höhnel's[82])].

---

[79]) Eigenthümlich verhält sich nach Hofmeister [Ber. sächs. Gesellsch. Leipzig, Bd. X, pag. 21] die Cuticula des Samens von *Linum usitatissimum*. Sie färbt sich nach Behandlung mit Jod und verdünnter Schwefelsäure blau, das Blau geht etwas ins Schwärzliche. Zusatz von concentrirter Schwefelsäure ändert die Färbung in Gelb; beim Auswaschen der Säure mit Wasser tritt die frühere, blaue Färbung wieder hervor.

[80]) Schacht, l. c. pag. 109—168.

[81]) Niggl, l. c. pag. 9.

[82]) v. Höhnel, l. c. pag. 522—524.

Schultze'sches Gemisch [cfr. pag. 137], in welchem ein zu untersuchender Schnitt gekocht wird, lässt die verkorkten Membranen deutlicher hervortreten, während alles Uebrige, selbst stark verholztes Gewebe, allmählich durchsichtiger wird. Auch die Cuticula und cuticularisirten Gewebe verhalten sich ebenso. Erwärmt man unter Deckglas weiter, so tritt bald stürmische Gasentwicklung ein, und bald bleiben nur die verkorkten Membranen übrig. Wäscht man nun das Schultze'sche Gemisch aus und setzt Alkohol zu, dann Aether, so werden sie ganz hyalin. Wurde aber die Erhitzung noch weiter fortgesetzt, so quellen die Membranen plötzlich und schmelzen zu einem einzigen Ballen zusammen, der schliesslich ganz kugelförmig wird, in heissem Alkohol, Aether, Benzol, Chloroform, sowie in verdünnter Kalilauge löslich ist und aus Cerinsäure besteht. — Um schwache Verkorkungen zu erkennen, legt man den Schnitt in der Kälte ganz kurze Zeit in Schultze'sches Gemisch, wäscht aus und setzt Kalilauge zu. Durch ersteres treten die verkorkten Membranen etwas deutlicher hervor, durch letztere nehmen sie sofort ochergelbe Färbung an und werden krümlig [s. o.]. Tritt diese nicht sofort ein, so hilft gewöhnlich sehr schwaches Erwärmen. Zugleich bewirkt die Kalilauge ein weiteres Hyalinwerden der nicht verkorkten Membranen [Cerinsäure-Reaction v. Höhnel's [83])].

6. Pilzcellulose.

Literatur: Schacht, Die Pflanzenzelle, pag. 13. — Dippel, D. Mikroskop, Bd. II, pag. 7 f. — de Bary, Morphologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten [Hofmeister, de Bary, Sachs, Handb. d. physiol. Bot., Bd. II], pag. 7 ff. — Poulsen, Bot. Mikrokemi, pag. 51 [Uebers. pag. 61]. — Richter, Beiträge z. genaueren Kenntn. der chem. Beschaffenheit d. Zellmembranen bei den Pilzen [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. LXXXIII, 1. Abth., 1881, pag. 494—510].

Der die Hyphenwände der Pilze und Flechten bildende Membranstoff, die Pilzcellulose, wurde bis vor kurzem nach Schacht's, Dippel's und de Bary's Vorgange als ein von der Cellulose wesentlich verschiedener Stoff angesehen, da es nicht gelungen war, durch die verschiedensten Macerationsverfahren die „incrustirenden Substanzen" zu entfernen und durch Jodreagentien Cellulosereaction hervorzubringen. Nach Schacht und de Bary werden die Pilzzellwände selbst nach

[83]) v. Höhnel, l. c. pag. 524—526.

Kochen in Kalilauge durch Jod und Schwefelsäure nicht gebläut, ingleichen nicht nach Behandlung mit Schultze'schem Gemisch oder Chromsäure. — Uebrigens war es schon de Bary und Anderen bekannt, dass manche Pilzmembranen durch Jod oder Chlorzinkjod ohne irgend welche vorherige Behandlung blau werden; bei *Mucor* wurde auch constatirt, dass die Zellwände sich im jugendlichen Zustande mit Jod und Schwefelsäure bläuen, während sie in späteren Stadien damit farblos bleiben.

In neueren Untersuchungen tritt Richter der Ansicht, dass die Pilzcellulose von dem Zellstoff total verschieden sei, entgegen. Es gelang ihm bei *Polyporus*, nach langer und mehrmaliger Behandlung des Pilzgewebes mit Wasser, heisser Kalilauge, Essig- oder Salzsäure, Alkohol, Aether und wieder Wasser, die „incrustirenden Substanzen" zu entfernen, worauf dann Chlorzinkjod Cellulosereaction hervorbrachte. Auch Maceration in Kalilauge allein, zwei bis sechs Wochen lang fortgesetzt, wobei die Kalilauge häufig gewechselt wurde, hatte bei Pilzen und Flechten [84]) denselben Effect. In den so „gereinigten" Pilzmembranen trat dann mit Chlorzinkjod rosenrothe bis violette Färbung ein, auch schien in Cuprammoniumoxyd Lösung zu erfolgen, doch konnte letzteres nicht definitiv constatirt werden. Es gelang Richter [85]) nicht, durch Anilinsulfat oder Phloroglucin irgend welche Verholzung jener Membranen nachzuweisen, selbst bei Flechten nicht [86]). Dagegen stellte er bei *Daedalea quercina* durch Cerinsäure-Reaction [cfr. pag. 299] auf das Entschiedenste Verkorkung fest.

Die „Reinigung" der Pilzzellmembranen bis zur Cellulosereaction gelingt überhaupt nur sehr schwierig; es ist die grösste Geduld dazu nöthig. — Richter [87]) gelangt durch seine Studien zu dem Resultate, dass die Pilzcellulose gewöhnliche Cellulose mit fremden Beimengungen, vielleicht Eiweisssubstanzen, sei, dass eine Pilzcellulose im Sinne de Bary's nicht existire.

In ihrem natürlichen Zustande zeichnet sich die Pilzcellulose durch ungemeine Resistenz gegen die verschiedensten Reagentien aus. Sie ist völlig unlöslich in Cuprammoniumoxyd, wird von kalter Kalilauge, Salpetersäure und Schultze'schem Gemisch kaum angegriffen; concen-

---

[84]) Von Flechten müssen solche genommen werden, die möglichst wenig Lichenin enthalten, da dieses an und für sich ähnliche Reaction wie Cellulose giebt [Richter, l. c. pag. 503 cfr. auch oben pag. 270].

[85]) Richter, l. c. pag. 505 f.

[86]) Man sehe hingegen Burgerstein oben pag. 283 und Niggl oben pag. 287.

[87]) Richter, l. c. pag. 510.

Tabellarische Zusammenstellung der wichtigsten Reactionen auf die Cellulosearten.

		Jodwasser.	*Chlorzinkjod.*	*Jod und Schwefelsäure.*	*Cuprammoniumoxyd*	*Kaliumhydroxyd.*	*Conc. Schwefelsäure.*	*Salpetersäure.*	*Chromsäure.*	*Schultzesches Gemisch.*	*Phenolsalzsäure.*	*Anilinsulfat.*	*Phloroglucin.*	*Indol.*	
1.	**Cellulose, Zellstoff.**	gelb bis bräunlich.	violett.	blau.	wird gelöst.	quillt auf.	wird gelöst.	quillt auf.	wird gelöst.	wird gelöst.	ungefärbt.	ungefärbt.	ungefärbt.	ungefärbt.	1.
2.	**Lignin, Holzstoff.**	gelb.	gelb.	gelb bis bräunlich.	unlöslich.	wird gelöst.	wird gelöst.	löslich.	wird gelöst.	wird leicht gelöst.	grün.	gelb oder goldgelb.	purpurroth.	kirschroth.	2.
3.	**Mittellamelle, Intercellularsubstanz.**	gelb.	gelb.	gelb.	unlöslich.	unlöslich oder löslich.	unlöslich oder löslich.	meist unlöslich; mit kochender Salpetersäure und nachfolgendem Zusatz von Ammoniak gelb.	unlöslich oder löslich.	wird leicht gelöst.	grün.	goldgelb.	purpurroth.	kirschroth.	3.
4.	**Suberin, Korkstoff.**	gelb oder bräunlich.	gelb oder braun.	braun	unlöslich.	kalt unlöslich; beim Kochen als Tropfen austretend.	unlöslich.	wird in gelbe, homogene Massen verwandelt.	unlöslich oder sehr schwer löslich.	giebt Cerinsäure-Reaction.	ungefärbt ?	ungefärbt.	ungefärbt.	ungefärbt.	4.

trirte Schwefelsäure zerstört sie nur sehr schwer. Dahingegen wird verschiedentlich angegeben, dass manche Pilzmembranen in Salzsäure löslich seien.

* * *

Nachdem wir somit unsere Darstellungen über die mikroskopische Erkennung der Cellulosearten beendet haben, stellen wir die hauptsächlichsten Reactionen derselben in Form einer Tabelle [cfr. pag. 301] zusammen, zum Zwecke leichterer Uebersichtlichkeit. Es wird mit Hilfe dieser Tabelle sehr leicht gelingen, die der Untersuchung unterzogene Celluloseart zu identificiren. Verschleimende Cellulose wie Pilzcellulose sind der Uebersichtlichkeit wegen ausgeschaltet worden, da sie sich durch ihr eigenthümliches Aeussere oder durch die Art ihres Vorkommens sofort als solche zu erkennen geben. Bei den aufgeführten Arten haben wir stets die reinen Typen im Auge gehabt, in den Fällen, wo sie in einander übergehen oder in derselben Membranlamelle gemischt vorkommen [z. B. Suberinlamellen mit theilweiser Verholzung], hat man die vorhergehenden Capitel um Rath zu befragen.

II. Stärkemehl, Amylum.

Literatur: Fritsche, Ueber das Amylum [Poggendorff's Ann., Bd. XXXII, 1834, pag. 129 ff.]. — Payen, Compos. élém. de l'Amidon de diverses Plantes etc. [Annales de Chim. et de Phys., t. LXV, 1837, pag. 225 ff.]. — Nägeli, Bläschenfg. Gebilde im Inhalte d. Pflzelle; 7, Stärkebläschen, Stärkekörner [Zeitschr. f. wiss. Bot. v. Schleiden und Nägeli, Heft 3, 4, pag. 117 ff.]. — Mohl, D. veget. Zelle [Wagner's Handwörterb., Bd. IV, 1851, pag. 207]. — Maschke in Erdmann's Archiv f. prakt. Chem., 1852, 2. pag. 400. — Walpers, Beitr. z. Kenntn. d. Amylums [Flora 1852, pag. 689 ff., 705 ff.]. — Hartig, Ueber d. Bau des Stärkemehls [Bot. Zeitg. 1855, Nr. 52. — Nachtrag dazu ebendaselbst 1856, pag. 349 ff.]. — Melsens, L'Institut 1857, pag. 161. — Cramer, Verh. d. Kupferoxydammoniaks z. Zellmembran, Stärke, Inulin etc., Zürich 1857. — Nägeli, D. Stärkekörner. Zürich 1858. — Nägeli u. Cramer, Pflanzenphysiol. Unters. II [1858], pag. 113 ff., 181 ff. — Hartig, Entwicklungsgesch. d. Pflkeims 1858, pag. 88, 155. — Mohl, Unters. d. Pflanzengewebes mit Hilfe des polarisirten Lichtes [Bot. Zeitg. 1858, pag. 1 ff.]. — Sachs, Ueber einige neue Reactionsmethoden [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien. Bd. XXXVI. 1859, pag. 5 ff.]. — Mohl, Ueber d. vorgeblichen Gehalt d. Stärkekörner an Cellulose [Bot. Zeitg. 1859, pag. 225 ff., 233 ff.]. — Sachs, Ueber d. Auftreten d. Stärke bei d. Keimung ölhaltiger Samen [ebendaselbst, pag. 177 ff., 185 ff.] — Sachs, Mikrochem. Unters. [Flora 1862, pag. 299 ff.] — Nägeli, Ueber d. Reactionen v. Jod auf Stärkekörner

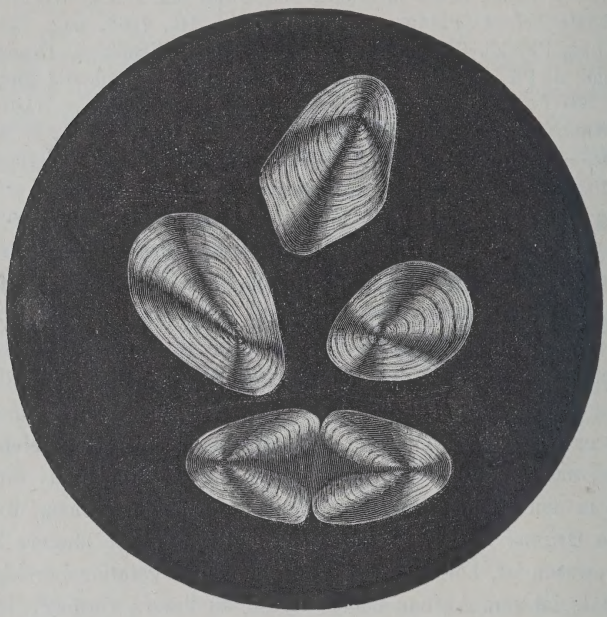
u. Zellmembranen [Ber. d. Bayer. Acad. 1862, 1863, Bd. I, pag. 161 ff., 483 ff.]. — Nägeli, Ueber d. chem. Verschiedenh. d. Stärkekörner [ebendaselbst, 1863. Bd. II. pag. 272 ff.]. — Sachs, Ueber d. Entstehung der Stärke in den Blättern [Monatshefte d. Annalen d. preuss. Landwirthsch. 1863]. — Sachs, Ueber d. Stoffe, welche das Material z. Wachsthum der Zellhäute liefern [Pringsheim's Jahrb., Bd. III, 1863, pag. 183 ff.]. — Mulder, Physiol. Chem., pag. 217]. — Sachs, Handb. d. Experimentalphysiol. d. Pfl., pag. 412 ff. — Hofmeister, Handb. d. physiol. Bot., Bd. I, pag. 387 f. — Dippel, D. Mikrosk., Bd. II, pag. 24. — Nägeli, und Schwendener, D. Mikrosk., pag. 512 ff. — Sachs, Lehrb. d. Bot., pag. 59 ff. — W. Nägeli, Beitr. z. näheren Kenntniss der Stärkegruppe 1874.

Das Stärkemehl oder das Amylum [$C_6H_{10}O_5$, resp. nach W. Nägeli $C_{36}H_{62}O_{31}$] ist ein dem Zellstoffe isomerer, fester Inhaltstoff der Pflanzenzellen von ganz allgemeiner Verbreitung. Es findet sich bei fast allen Phanerogamen, wurde hingegen bei den Pilzen und einigen Algenfamilien bis jetzt nicht beobachtet. Es ist das erste sichtbare Assimilationsproduct der Chlorophyllkörner und hat seine Bildungsstätte in den letzteren. Zu gewissen Zeiten der Vegetationsperiode wandert es aus diesen in Gestalt eines flüssigen, isomeren Kohlehydrates [Glycose] nach anderen Pflanzentheilen, in das Parenchym, die Markstrahlen in den Stamm, Rhizome, Knollen, Zwiebeln, Samen, überhaupt in solche Organe wo es, nachdem es als Reservestoff längere Zeit unthätig gewesen ist, bei einer neu eintretenden Vegetationsperiode reichliches Material zum Aufbau neuer Organe zu liefern vermag, indem es zunächst in Dextrin und Zucker verwandelt wird. Stets frei von Stärkemehl sind, wie es scheint, die Gefässe.

Schon äusserlich ist das Stärkemehl häufig leicht als solches zu erkennen. Es bildet farblose, durchsichtige, rundliche, elliptische, eiförmige, unregelmässige Körnchen von 0·001 bis 0·15 mm Durchmesser, die einfach oder zusammengesetzt sind. Das Stärkekorn ist geschichtet, die Schichten lagern um einen meist excentrisch gelegenen Kern, welcher in der Jugend mit einem wasserhaltigen Stoffe, im Alter des Korns mit Luft erfüllt ist. Die Schichten unterscheiden sich durch den verschiedenen Wassergehalt optisch meist leicht [Figur 101 a. pag. 215]. Wo die Schichtung schwer sichtbar ist, wird sie durch Zusatz verdünnter Chromsäure deutlicher [88]). In Alkohol wird hingegen die Schichtung undeutlicher. — Die Stärkekörner zerlegen das Licht in zwei Strahlen von ungleicher Geschwindigkeit, die rechtwinklig auf einander polarisirt sind. Sie erscheinen daher im Polarisationsapparate

[88]) Dippel, D. Mikroskop, Bd. I, pag. 276.

[cfr. pag. 106] bei gekreuzter Stellung der Nicols hell und tragen ein dunkles Kreuz, welches durch den eben erwähnten Kern hindurchgeht [Figur 112]. Die Stärkekörner verhalten sich also doppelt brechenden



112.

Krystallen ähnlich; man nimmt an, dass sie aus anisotropen Micellen bestehen.

Von den zur Nachweisung der Stärke angewandten Reagentien nehmen die Jodlösungen die hervorragenste Stelle ein. Schon 1814 wurde von Colin und Gaultier de Claubry beobachtet, dass Stärke mit Jod in Lösung eine blaue Färbung giebt. Dieselbe soll sich dabei im Jodamylum verwandeln. Die Färbung, welche Jod den Stärkekörnern ertheilt, erscheint — je nach der Art und Concentration der angewandten Lösung — violett, indigblau oder tief schwarzblau. Die Farbe ist gewöhnlich ein sattes Indigblau, ein reines Blau kommt nicht vor [Nägeli]. Alle Jodreagentien bringen diese Färbung hervor durch Einlagerung von Jodtheilchen in das Stärkekorn. Die Reaction ist so deutlich, dass Körnchen von 2 bis 3 μ Durchmesser noch sicher als Stärke erkannt werden können. Die Intensität der Bläuung ist nicht dem Jodgehalt der Lösung proportional. Die Menge des eingelagerten

Jod bedingt die Intensität der Farbe des Stärkekornes, sie kann aber keine Verschiedenheit des Farbentones hervorrufen [Nägeli].

Die Bläuung findet nur dann statt, wenn das Stärkekorn Imbibitionswasser enthält [Mohl]; wasserfreies Amylum wird durch Jodalkohol sehr langsam braungelb gefärbt; war der Jodalkohol stark mit Wasser vermischt, so ergeben sich braune oder violette Töne [Nägeli].

Sehr schnell tritt die Bläuung ein bei Anwendung von Jodjodkalium, langsamer mit Jodwasser, am langsamsten mit Jodglycerin. Das letzte Reagenz eignet sich daher für das Studium sehr allmählicher Einwirkung [89]).

Nach den Untersuchungen von Nägeli [90]) färbt sich Kartoffelstärke in Wasser bei Zusatz von etwas Jod zuerst hellblau, nachher intensiv indigoblau; wird das Jod fortgenommen, so entfärbt sie sich wieder und wird vor der Farblosigkeit hellviolett. Enthält das angewandte Jodreagenz ausser Jod keinen anderen Stoff [Jodkalium, Jodwasserstoffsäure etc.], so behält die Stärke beim Trocknen ihre blaue Farbe bei; hat sie aber im anderen Falle noch eine andere Substanz aufgenommen, so ändert sich ihre Farbe dergestalt, dass der Grad der Farbenänderung durch Violett, Roth und Orange zum Gelb mit der Menge der aufgenommenen Substanz im geraden Verhältnisse steht. — Stärkekörner in Chlorzink färben sich bei Zusatz eines Jodsplitterchens äusserst langsam. Bevor die Körnchen aufquellen, werden sie rothviolett oder blassviolett, und erst später rein blau. Concentrirte Chlorzinklösung macht übrigens — wie Schwefelsäure — die Stärkekörner in viele kleine Partikelchen zerfallen. Ist die Lösung von Jod in Chlorzink sehr verdünnt durch Wasser, so quellen die Stärkekörnchen nicht auf und werden gleich blauviolett oder indigoblau.

„Bei vollkommen gleicher Behandlung [mit Jodreagentien] verhalten sich die verschiedenen Partien eines Stärkekorns und ferner die verschiedenen Stärkesorten ungleich, sei es, dass die einen eine etwas grössere Verwandtschaft zum Jod haben, und sich etwas rascher färben, sei es, dass sie etwas ungleiche Farbentöne annehmen.

Das nämliche Stärkekorn oder die nämliche Schicht eines Kornes giebt mit Jod verschiedene Farben, je nach der Beschaffenheit und der Menge der durchdringenden, fremden Substanzen [Wasser, Säuren, Salze, indifferente organische Verbindungen etc.], je nachdem diese Substanzen vor oder nach dem Jod in die Stärke eintreten und je nachdem das

---

[89]) Hartig, l. c., cfr. übrigens Nägeli, Bayer. Acad. 1863, I, pag. 188.

[90]) Nägeli, l. c. pag. 161 ff.

Jod noch die ursprüngliche Anordnung zeigt, oder bereits sich anschickt, die Stärke zu verlassen.

Die Farben, welche das Jod in der Stärke erzeugen kann, sind Indigo, Violett, Roth, Orange und Gelb. Sie beruhen auf einer eigenthümlichen Anordnung der Jodtheilchen und sind überhaupt keine anderen als solche, welche man an dem Jod an und für sich im festen, gelösten und gasförmigen Zustande kennt.

Von den verschiedenen Jodstärkeverbindungen entspricht die blaue der stärksten, die gelbe der schwächsten Verwandtschaft. Wenn das Jod in die Stärke eintritt, so nimmt es immer diejenige Anordnung der Theilchen an, welche die unter den gegebenen Verhältnissen grösstmögliche Affinität verlangt; wenn es dagegen, durch andere Kräfte veranlasst, dieselbe verlässt, so ändert es vorher seine Molecularconstitution in der Weise, dass diese schwächeren Verwandtschaften entspricht. Die Anwesenheit von Wasser bedingt immer die einer stärkeren Anziehung entsprechende Anlagerung der Jodtheilchen, die Anwesenheit irgend einer anderen Substanz dagegen veranlasst die mit einer schwächeren Affinität correspondirende Farbe“ [91]).

Ueber das Verhalten einiger anderer Stoffe der Stärke gegenüber sei Folgendes erwähnt:

Brom färbt bei Anwesenheit von Wasser die Stärkekörner rein pomeranzengelb.

Die Stärke ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether, unlöslich, aber aufquellend in concentrirten Jodlösungen, Chlorzinkjod, Bromlösungen, Chlorcalcium und Cuprammoniumoxyd [Zusatz von Wasser verringert das Volumen wieder]; löslich in allen, selbst mässig verdünnten Mineralsäuren. Längere Einwirkung der letzteren verändert sie zu Verbindungen der Dextringruppe. Cuprammoniumoxyd färbt die Stärkekörner schwach blau. — Wird Stärke mit Wasser, Kalilauge, verdünnten Mineralsäuren und gewissen organischen Säuren bis auf ca. 50° erwärmt, so wird sie structurlos und es tritt dann der allgemein als Kleisterbildung bekannte Process ein.

Nach den Untersuchungen Nägeli's besteht das Stärkekorn aus zwei wesentlich verschiedenen Componenten, aus dem eigentlichen Träger der Jodreactionen, der Granulose und aus Stärkecellulose.

Wird Stärke bei gelinder Wärme mit Speichelflüssigkeit oder mit Pepsin [Melsens] digerirt, oder wird sie mit Chromsäure behandelt, so

---

[91]) Nägeli, l. c. pagg. 196, 197, 198.

wird dadurch der sich mit Jod bläuende Component des Stärkekornes, die Granulose, ausgezogen; das übrigbleibende, zarte Gerüst von Stärkecellulose färbt sich dann durch Jodreagentien nicht blau, sondern meist in ähnlicher Weise wie Cellulose [Nägeli][92]). Jodwasser oder frischer Jodalkohol tingiren es gar nicht oder schwach blasskupferroth. Nach dem Eintrocknen tritt mit Jodjodkalium, Chlorzinkjod, Jodalkohol eine violettblaue bis indigblaue Färbung ein [Nägeli]. Mikrochemisch unterscheidet sich die Stärkecellulose von vielen Arten der eigentlichen Cellulose durch leichte Lösbarkeit in Kaliumhydroxyd und Chlorzinkjodlösung [v. Mohl]. — Von Cuprammoniumoxyd wird die Stärkecellulose gelöst.

Es erübrigt nun noch anzugeben, wie die mikroskopische Nachweisung der Stärke zu geschehen hat, wenn sie von protoplasmatischen Substanzen verdecktist oder wenn sie sich im Inneren von Chlorophyllkörnern findet.

A. Stärke mit proteïnhaltigen Plasmasubstanzen gemischt[93]). In sehr jungen und kleinzelligen Parenchymgeweben, welche sich aus dem Urmeristem des Vegetationspunktes entwickeln, ist die Stärke durch Jodalkohol oder Jodjodkalium allein fast niemals zu entdecken. Ist Chlorophyll nicht vorhanden, so erwärmt man feine Schnitte in möglichst starkem Kaliumhydroxyd oder lässt sie in der kalten Lösung längere Zeit liegen, wäscht mit Wasser aus, neutralisirt mit Essigsäure und setzt Jodalkohol hinzu, der mit viel Wasser verdünnt wurde. Man erkennt dann mit starker Vergrösserung entweder aufgequollene, blaue Körnchen in dem gelben Plasma oder einen blauen Kleister. Im letzten Falle ist es natürlich unmöglich zu entscheiden, ob die Stärke hier in Körnchen vorhanden war oder in Lösung, vielleicht innig mit dem stickstoffhaltigen Plasma vereinigt [Sachs].

Enthält ein ausgewachsenes Pflanzengewebe viele protoplasmatische Proteïnstoffe, und in diesen eingebettet kleinkörnige [transitorische] Stärke, wie bei den Secretionsorganen, in den Schliesszellen der Spaltöffnungen, so wird bei Anwendung von Jodlösungen die blaue Reaction der Stärke durch die gelbbraune der Stickstoffsubstanz verdeckt. Um

---

[92]) Man sehe hingegen, was H. v. Mohl einwendet [Ueber den angeblichen Gehalt der Stärkekörner an Cellulose; Bot. Zeitg. 1859, pag. 225 ff.].

[93]) Sachs, Ueber die Stoffe, welche das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern [Pringsheim's Jahrb. III, 1863, pag. 183 ff.]. — Behrens, Die Nectarien der Blüten [Flora 1879, pag. 244].

in diesem Falle die Stärke sichtbar zu machen, legt man das Präparat in verdünntes Kaliumhydroxyd, welches die Proteïnsubstanz zum grössten Theile löst, wäscht mit destillirtem Wasser aus, neutralisirt nöthigenfalls mit einer schwachen Säure und setzt nunmehr Jodjodkaliumlösung hinzu. — Bei manchen Präparaten ist die beschriebene Procedur nicht nöthig, da sich bisweilen die Stärke etwas eher färbt als das Plasma. In solchen Fällen wendet man zweckmässig eine verdünnte Jodlösung an.

B. Stärke in Chlorophyllkörnern[94]). Die grüne Färbung des Chlorophylls verdeckt die blaue Jodreaction der in dem Chlorophyllkorn enthaltenen Stärke, das Chlorophyllkorn nimmt daher bei Jodzusatz eine spangrüne Färbung an; sehr kleine, auf diese Weise eingebettete Stärkekörnchen erscheinen nach Zuführung des Jodreagenzes von brauner Farbe [v. Mohl]. Um in solchen Fällen die Stärke sichtbar zu machen, extrahirt man den grünen Chlorophyllfarbstoff dadurch, dass man den in absolutem Alkohol liegenden Pflanzentheil dem directen Sonnenlichte aussetzt. Dann werden Schnitte von demselben angefertigt, mit Kaliumhydroxyd behandelt, wodurch die Stärkekörnchen quellen, das Alkali ausgewaschen und Jodlösung zugesetzt [Böhm]. Oder man behandelt den gebleichten Schnitt mit kochendem Kaliumhydroxyd, wäscht aus, neutralisirt mit schwacher Säure und setzt verdünnte Jodlösung zu [Sachs]. Man erhält dann die gequollenen Stärkekörnchen deutlich hell violettblau gefärbt; zuweilen werden die Präparate noch schöner, wenn sie einen bis zwei Tage in Glycerin liegen. Bei Fadenalgen [*Conferva*] genügt häufig Jodzusatz allein, um die grossen Stärkekörnchen in der dünnen Chlorophylllage sichtbar zu machen [v. Mohl].

III. Dextrin.

Literatur: Sachs, Ueber einige neue mikrosk.-chem. Reactionsmethoden [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien. Bd. XXXVI, 1859, pag. 8 ff.]. — Sachs, Mikrochem. Untersuchungen [Flora 1862, pag. 289 ff.]. — Sachs, Ueber d. Stoffe, welche das Material zum Aufbau der Zellhäute liefern [Pringsheim's Jahrb., Bd. III, 1863, pag. 183 ff.]. — Dippel, Mikrosk., Bd. II, pag. 19. — Nägeli und Schwendener, Mikrosk., pagg. 475, 525. W. Nägeli, Die Stärkegruppe. — Poulsen, Bot. Mikrokemi, pag. 54 [Uebers. pagg. 33, 66].

---

[94]) H. v. Mohl, Vermischte Schriften, pag. 355. — H. v. Mohl in Bot. Ztg. 1855, pag. 110, 112. — Böhm in Sitzungsber. d. K. K. Acad. Wien, 1857, pag. 21. — Sachs in Flora 1862, pag. 166. — Sachs in Pringsheim's Jahrb. Bd. III, 1863, pag. 186, 200.

Das Dextrin, $C_6H_{10}O_5$ resp. $C_{12}H_{20}O_{10}$ ist im trocknen Zustande eine amorphe, gummiartige Masse, im gelösten — wie sie in den Zellen vorkommt — eine farblose, klare Flüssigkeit, welche entsteht durch Umsetzung der Stärke. Diese Umsetzung scheint in der Weise vor sich zu gehen, dass das Stärkemehl zuerst in lösliche Stärke [Amylodextrin] umgewandelt wird und sich aus dieser das eigentliche Dextrin erzeugt. Es ist bis jetzt nicht möglich, mikroskopisch diese Uebergangsstadien nachzuweisen. — Auch ein von der Cellulose abstammendes Holzdextrin [Béchamp] soll es geben.

Die einzige, zur Zeit bekannte Methode der mikroskopischen Nachweisung des Dextrins ist die von Sachs eingeführte vermittels des Trommer'schen Reagenzes [Kupfersulfat- und Kalilösung cfr. pagg. 244, 274]. Da dieses Reagenz zugleich zur Nachweisung der anderen löslichen Kohlehydrate des Zellinnern — Traubenzucker, Rohrzucker u. s. w. — benutzt wird, so bietet es zugleich häufig die Handhabe, die relativen Quantitäten derselben, sowie ihre Vertheilung im Pflanzeninneren zu studiren.

Methode [Sachs][95]: Um einen Pflanzentheil auf Dextrin [oder Zucker, oder beide] zu prüfen, verwendet man Längs- und Querschnitte, welche mindestens zwei bis drei Zellschichten dick sind und legt sie sogleich in ein Schälchen mit concentrirter Kupfersulfatlösung. Während sie hier das Salz aufnehmen, wird ein kleines, mit starker Kalilauge gefülltes Porcellanschälchen, welches ca. 5 bis 6 cc fasst, über der Flamme zum Kochen erhitzt. Dann holt man mit der Pinzette die Schnitte aus der Kupfersalzlösung, taucht sie mehrmals in ein grosses Gefäss mit Wasser und legt sie sofort in das heisse Alkali. Enthalten die Zellen Traubenzucker oder Dextrin, so entsteht fast augenblicklich, zuweilen erst nach einigen Secunden eine prächtig rothe, opake Färbung, die sich bald dem Ziegelrothen, bald dem Gelben mehr nähert. Diese Färbung rührt von dem in den Zellen entstandenen Niederschlag von Kupferoxydul her, welches unter starker Vergrösserung in Gestalt kleiner, rundlicher Körnchen in den Zellen erscheint. In den meisten Fällen ist indessen die Reaction so glänzend, dass über die Gegenwart des Niederschlages selbst dann das blosse Auge entscheidet, wenn er auch nur in einzelnen Zellen auftritt; doch ist es immer rathsam, Vergrösserungen zu Hilfe zu nehmen. Enthält dagegen der Schnitt Rohrzucker, so entsteht bei dem Eintauchen des mit Kupfersalz getränkten und dann abgespülten Schnittes in Kali eine schöne, himmelblaue Färbung, welche

[95]) Sachs in Pringsheim's Jahrb., Bd. III, pag. 187 f.

einer klaren, in den Zellen enthaltenen Flüssigkeit angehört; durch Kochen in Kali tritt in diesem Falle kein Niederschlag von rothem Kupferoxydul auf, die Flüssigkeit bleibt blau und diffundirt sehr schnell in das Kali.

Um zu entscheiden, ob die Reduction des rothen Kupferoxyduls vom Traubenzucker oder vom Dextrin herrührt, legt man Schnitte derselben Pflanzentheile, von deren Reaction man sich bereits überzeugt hat, in Alkohol von 90 bis 95 %. Da das Dextrin nach Payen selbst in 84procentigem Alkohol schon unlöslich ist, so kann diese Substanz durch einen bedeutend stärkeren Alkohol den Zellen nicht mehr entzogen werden; solche Schnitte müssen also nach mehrstündigem Liegen in jenem dann mit Kupfervitriol und Kali [erhitzt] noch die rothe Reduction ergeben. Wenn dagegen die Zellen Traubenzucker enthalten, so wird ein Alkohol von 90 bis 95 % denselben nach 10- bis 24stündigem Liegen aus dünnen Schnitten ausziehen müssen, da nach Payen Alkohol selbst bei 95 % noch den Traubenzucker auflöst. Wenn also ein Schnitt vor dieser Behandlung mit Alkohol Kupferoxydul reducirt, nach dieser Behandlung aber keinen Niederschlag von rothen Körnchen giebt, so darf man nach Sachs schliessen, dass die Reduction des Kupferoxyduls von Traubenzucker und nicht von Dextrin herrührt.

Sowohl bei der Reaction auf Dextrin und Traubenzucker, als bei der auf Rohrzucker kann für den Ungeübten ein Irrthum auftreten. Die Häute der Holzzellen, Gefässe etc. färben sich bei der angegebenen Behandlung bekanntlich orangegelb bis röthlich, Parenchymzellen, sehr junge Holzzellen etc. blau [cfr. pag. 275]. Dieses könnte mit blossem Auge den Verdacht erwecken, als ob im ersten Falle Traubenzucker- oder Dextrinreaction, im letzten Rohrzuckerreaction eingetreten sei. Eine genügende Vergrösserung wird aber sofort die gewünschte Auskunft geben.

IV. Pflanzenschleime.

Literatur: Vogel und Schleiden, Ueber d. Amyloïd, eine neue Pflanzensubstanz [Poggendorff's Annalen, Bd. XLVI, 1839, pag. 327]. — Kützing, Grundz. d. philos. Bot. Leipzig 1852, Bd. I, pag. 159 ff. — Cramer, Botan. Beiträge, Zürich 1855, pag. 1 ff. — Karsten, Ueber d. Entstehung des Harzes, Wachses, Gummis und Schleimes durch d. assimil. Thätigkeit d. Zellmembranen [Botan. Zeitg. 1857, pag. 313 ff.]. — Frank, Ueber d. anat. Bedeut. und die Entstehung der vegetab. Schleime [Pringsheim's Jahrb., Bd. V, 1866, pag. 161—200]. — Hanstein, Ueber d. Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen [Botan. Zeitg. 1868, pag. 697 ff.]. — Barcianu, Ueber d. Blütenentwicklung der Onagraceen

[Schenk und Lürssen's Mitth. aus d. Geb. d. Bot., Bd. II. pag. 85]. — Kirchner und Tollens, Untersuchungen über d. Pflanzenschleime [Ann. Chem. Pharm., Bd. CLXXV, pag. 205]. — Behrens, Die Nectarien d. Blüten [Flora 1879, pag. 440 ff.]. — Szyszyłowicz, Korallina jako odczynnik mikrochemiczny w histyjologii roślinéj [Osobne odbicie z Rozpran Akad. Umiej. w Krakowie, Bd. X, 1882]. — Vgl. übrigens auch die pag. 275 f. aufgeführten Abhandlungen.

Diese weitverbreiteten Pflanzenstoffe, denen gleichfalls die chemische Formel $C_6H_{10}O_5$ oder $C_{12}H_{20}O_{10}$ zugeschrieben wird, sind keineswegs so eingehend studirt, als es zu ihrer genaueren Kenntniss nothwendig wäre. Wir haben bereits früher [pag. 276 ff.] auseinandergesetzt, dass sie häufig aus Zellmembranen durch Metamorphose entstehen, dass es sogar vielfache Uebergänge von eigentlicher Cellulose zu Schleimen giebt, die unterzubringen seine grossen Schwierigkeiten hat. Andere Schleime verdanken ihren Ursprung zweifellos der Stärke [Schleime der Orchisknollen], noch andere stellen ein Gemenge von Schleimen mit Gummi dar [Gummischleime]. Ueberhaupt unterliegt es bedeutenden Schwierigkeiten, Schleime und Gummiarten auseinanderzuhalten; im allgemeinen kann man sagen, dass alle Schleime mit Jod blaue, violette, bisweilen auch gelbe Färbungen liefern und mit Salpetersäure Oxalsäure geben, dass die Gummiarten mit Jod keinerlei Färbungen liefern, durch Salpetersäure aber in Schleimsäure umgesetzt werden.

Bei dem jetzigen Zustande der Ansichten über die Natur der Pflanzenschleime ist es bedenklich, eine Eintheilung derselben zu wagen; es möge deshalb die folgende nicht als etwas vollständiges angesehen werden. Wir unterscheiden von Schleimen:

1. Eigentliche Schleime. Sie sind im Wasser unlöslich, aufquellbar oder löslich, durch Alkohol aus wässeriger Lösung fällbar, färben sich mit Jod oder Jod und Schwefelsäure blau oder violett, mit Hanstein'schem Anilin röthlich oder roth [ob alle?], liefern mit Salpetersäure Oxalsäure.

a) Schleime aus Cellulose [z. B. Wurzel von *Symphytum*].

b) Schleime aus Stärke [z. B. Orchisknollen].

2. Amyloïd. Im Wasser meist löslich, mit Jod gelbe, gelbrothe, auch blaue Färbungen gebend; durch Alkohol aus wässeriger Lösung gallertartig fällbar, diese Gallerte wird durch Jod blau gefärbt. Giebt mit Hanstein'schem Anilin schön rothe oder scharlachrothe Färbungen. Vielleicht 1 b nahe verwandt.

3. Lichenin [Flechtenstärke]. In Wasser nur quellbar, nicht löslich, fällbar daraus durch Alkohol, färbt sich mit Jod allein gelb, grün oder blau.

4. Gummischleime. In Wasser löslich oder quellbar, mit Jod keine oder gelbliche bis röthliche Färbungen gebend, auf Anilin der Mehrzahl nach nicht reagirend, liefern mit Salpetersäure Schleimsäure oder Oxalsäure + Schleimsäure [96]).

1. Eigentliche Schleime. Dieselben sind im Pflanzenreiche sehr weit verbreitet, sie bilden sich z. B. in den quellbaren, secundären Ablagerungsschichten im Parenchym der Keimblätter vieler Pflanzen, sodann in manchen schleimbereitenden Wurzeln, wie von *Symphytum*, *Orchis* etc. Ob das Amyloïd, welches zuerst von Schleiden und Vogel in den Kotyledonen von *Lupinus*, *Tropaeolum* etc. nachgewiesen wurde, zu ihnen zu rechnen ist, oder ob es einen eigenen Typus der Schleime darstellt, muss vorläufig dahingestellt bleiben. Bereits vor längerer Zeit habe ich nachdrücklich darauf hingewiesen [97]), dass sich in der Nähe schleimbereitender Zellen, häufig selbst in ihnen, Krystalle oder Krystallnadelbündel von Calciumoxalat fänden, ich sprach damals die Vermuthung aus, dass diese in irgend welcher Beziehung zu den dort auftretenden Schleimen stehen möchten, wenn auch nicht gesagt werden kann, wie. Dieser Zusammenhang gewinnt beträchtlich an Wahrscheinlichkeit durch die Thatsache, dass Pflanzenschleime durch oxydirende Mittel, auf chemischem Wege z. B. durch Salpetersäure, in Oxalsäure übergeführt werden. Frank [98]) zeigte vor längerer Zeit, dass bei Bildung des Orchisschleimes sich die dort findenden Oxalatnadeln allmählich auflösen.

Viele hierhergehörigen Schleime färben sich entweder mit Jod allein oder mit Jod und Schwefelsäure blau oder violett, geben also noch Reaction auf Cellulose [99]), bei anderen ist dies nicht der Fall, es tritt bei ihnen nach dieser Behandlung eine gelbe oder gelbliche Färbung ein [100]). Anilingemisch von Hanstein giebt der Mehrzahl der Schleime eine sattrothe Färbung, die bisweilen einen Stich ins Purpurne besitzt. Successive

---

[96]) Giraud [nach Husemann, Pflanzenstoffe, Bd. I, pag. 130] theilt die Pflanzenschleime in pectinerzeugende [Traganthgummi] und pectinfreie. Letztere zerfallen in solche, welche durch Säuren in eine unlösliche Form übergeführt werden und solche, welche durch Säuren nicht fällbar sind.

[97]) Behrens, die Nectarien der Blüten [Flora 1879, pag. 450].

[98]) Frank in Pringsheim's Jahrb., Bd. V, pag. 181.

[99]) Kützing, Grundz. d. philos. Bot., Bd. I, pag. 195. — Frank l. c. pagg. 168, 181.

[100]) Frank l. c. pagg. 163, 165, 167. — Hanstein in Bot. Zeitg. 1868, pag. 700 etc.

Behandlung mit Creosot, Zinnchlorür und Anilin soll gleichfalls eine Röthung der Schleime hervorbringen [Barcianu]. [Die Wirkung des Anilins auf die Schleime ist übrigens noch zu wenig studirt].

Ganz kürzlich hat Szyszyłowicz das Corallin als ein vorzügliches Reagenz auf Pflanzenschleime bezeichnet, und zwar soll es möglich sein, vermittels dieses Reagenzes die Schleime aus Stärke von denen aus Cellulose zu unterscheiden.

Das Corallin oder die Rosolsäure, ein rothes Pulver mit grünlichem Metallglanz, löst sich in Wasser nicht, dagegen in sehr verdünntem Alkohol und in alkalischen Salzen mit schön corallenrother Farbe [101]). Szyszyłowicz stellt sich dasselbe aus Phenol dar durch Einwirkung von Schwefelsäure bei Anwesenheit von Oxalsäure; alsdann enthält es etwas Aurin beigemengt. Er löst es in Natriumcarbonatlösung auf [wahrscheinlich, weil eine alkoholische Lösung Niederschläge der Schleime bewirken könnte]. Diese Lösung ist purpurroth und am Lichte unveränderlich. Durch das Corallinreagenz werden nach Szyszyłowicz die Stärkeschleime dauerhaft roth gefärbt, die Färbung ist selbst durch längeres Kochen in Alkohol nicht zu zerstören, Protoplasma und Zellwände bleiben hingegen ganz farblos. Celluloseschleime werden gleichfalls gefärbt, die Färbung wird aber durch kalten, besonders durch siedenden Alkohol wieder zerstört. [Manche gefärbte Präparate von Stärkeschleimen sollen sich in Canadabalsam vorzüglich halten, andere dagegen nicht].

2. Das Amyloïd ist also, wie hervorgehoben, den eigentlichen Schleimen sehr ähnlich. Es reagirt häufig auf Jodreagentien sehr empfindlich, sodann liefert es mit Hanstein'schem Anilingemisch rothe oder scharlachrothe Färbungen [102]). Hanstein [l. c.] scheint übrigens mehrere Arten von Amyloïden anzunehmen, aus welchen Gründen ist mir nicht klar geworden. Ob das, was Hanstein Collagene [also Leimerzeuger] nennt, hier unterzubringen ist oder besser bei den Gummischleimen, ist gleichfalls zweifelhaft; einmal sagt er [103]), die Collagene seien diejenigen zellstoffähnlichen Körper, welche sich schliesslich einfach durch Wasseraufnahme in Schleim verwandeln, abgesehen davon, ob sie chemisch diesem oder einem anderen Amyloïd näher stehen; später

---

[101]) Der Stoff ist überall zu haben, da er in der Neuzeit vielfach in den chem. Laboratorien als vortrefflicher Indicator bei titrimetrischen Bestimmungen an Stelle des Lackmus gebraucht wird.

[102]) Hanstein l. c. a. v. O.

[103]) Hanstein l. c. pag. 700 Note.

erwähnt er [104]), dass „Gummischleim wesentlich aus wandbildenden Amyloïdstoffen entsteht", endlich gelang es ihm nie, die „Collagenschicht" zur rothen Reaction mit Anilin zu bringen, während dies bei dem „Amyloïd" stets möglich war.

3. Das Lichnin oder die Flechtenstärke scheint der Stärke sehr nahe zu stehen; es findet sich in vielen Flechten [*Cetraria*, *Cladonia*, *Ramalina*] und Meeresalgen [*Delesseria*], es tritt in Gestalt von kleinen Körnchen oder als gallertartige Masse auf. In Wasser ist das Lichnin nur quellbar, nicht löslich, Alkohol schlägt es daraus unverändert nieder, dagegen löst es sich in kaustischen Alkalien. Mit Jod allein färbt es sich gelb, grau oder blau, von Chlorzinkjod und Cuprammoniumoxyd wird es gelöst.

4. Gummischleime. Mit diesem Ausdrucke bezeichnen wir zahlreiche schleimige Substanzen, die theils Gemenge von Schleimen mit Gummiarten darstellen, theils einfache Stoffe sein dürften, die zwischen Schleimen und Gummiarten stehen. Obgleich sie häufig vorkommen, sind sie dennoch sehr wenig bekannt. Hierher gehören z. B. die Schleime vieler Fucaceen, der entstehende Quittenschleim, der Schleim der Leinsamen, der der Samen von *Plantago Psyllium* und *P. lanceolata*, der Althaeaschleim. Auch die Hanstein'schen Collagene finden z. Th. am besten wohl hier ihre Stellung. Sie zerlegen sich mit Salpetersäure in Schleimsäure und Oxalsäure, während wahre Gummiarten nur Schleimsäure geben. Während sich nach Szyszyłowicz Gummi mit Corallin gar nicht färbt, färben sie sich damit mehr oder weniger; die Intensität und Haltbarkeit der Farbe soll von dem Verhältnisse beider Stoffe abhängig sein.

V. Gummi (Arabin, Bassorin).

Literatur: Meyen, Pflanzenpathologie 1841, pagg. 229, 255. — Mohl, Unters. über die Entstehungsweise des Traganthgummi [Botan. Zeitg. 1857, pag. 33 ff.]. — Karsten, Ueber d. Entstehung d. Harzes, Wachses, Gummis etc. [ebendaselbst, 1857, pag. 313 ff.]. — Hofmeister, Ueber d. zu Gallerte aufquellenden Zellen etc. [Ber. d. sächs. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipzig, Bd. X, 1858, pag. 18—36]. — Trécul, Production de la gomme chez le Cérisier, le Prunier, l'Amandier, l'Abricotier et le Pêcher [Procès-verbaux des séances de la soc. philomat. pend. l'année 1862, voir aussi Journal de l'Institut 1862, pag. 241]. — Wigand, Ueber d. Desorganisation d. Pflzelle, insbes. über d. physiol. Bedeutung von Gummi und Harz [Pringsheim's Jahrb., Bd. III, 1863, pag. 115—186]. — Kraus, Ueber den Bau

[104]) Hanstein l. c. pag. 774.

d. Cycadeenfiedern [ebendaselbst, Bd. IV. 1865, pag. 328, 329]. — Frank, Ueber d. anat. Bedeut. u. d. Entstehung der veget. Schleime [ebendaselbst, Bd. V, 1866, pag. 161—200]. — Müller, Unters. über die Vertheilung d. Harze, äther. Oele, Gummi und Gummiharze etc. [ebendaselbst, Bd. V, 1866, pag. 397 ff.]. — Hofmeister, Lehre v. d. Pflzelle, Leipzig 1867. pag. 234 ff. — Hanstein, Ueber d. Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen [Botan. Zeitg. 1868, pag. 697 ff.]. — Sorauer in Landwirthschaftl. Versuchsst. 1872, pag. 454. — Prillieux, Étude sur la format. de la gomme dans les arbres fruitiers [Ann. des sc. nat., Botanique, 6e sér., t. I, 1875, pag. 176—200]. — Szyszyłowicz, Korallina jako odczynnik mikrochemiczny w histyjologii roślinnéj [Osobne odbicie z Rozpran Akad. Umiej. w Krakowie. t. X][105]).

Die zahlreichen, äusserst heterogenen Substanzen, welche man unter diesem Namen vereinigt, und denen man die Formel $C_6H_{10}O_5$ oder Polymere derselben zuschreibt, treten in der Pflanze als schleimartige, farblose, gelblich- oder braun-gefärbte Massen auf, die entweder in Wasser löslich sind und dann Arabin oder Cerasin genannt werden [Gummi arabicum, Kirschgummi], oder die in Wasser unlöslich sind und dann Bassorin oder Adragantin heissen [Traganthgummi]. Wahrscheinlich gehören hierher auch die meisten, bereits früher [pag. 293 f.] erwähnten Pectinstoffe, wie denn nach der Meinung mancher Chemiker Pectose nichts anders als Metaarabin ist. Anderseits scheint es, dass viele Bassorin- und Adragantinarten, z. B. der Traganthgummi stark pectinhaltig sind. Wie die Schleime, so sind auch die Gummiarten bis jetzt noch sehr wenig studirt, so dass der Vorschlag, der von chemischer Seite gemacht wurde, alle Pectinstoffe, Schleime und Gummiarten zusammen vorläufig in eine Kategorie zu stellen und als „gallertbildende Kohlehydrate“ zu bezeichnen, viel für sich hat.

Vorläufig lässt sich nur sagen, dass die Gummiarten im engeren Sinne sich dadurch von den Schleimen unterscheiden, dass sie mit Jodreagentien keinerlei Reactionen geben, und dass sie, mit Salpetersäure behandelt, sich nicht wie jene in Oxalsäure, sondern in Schleimsäure umwandeln. Kürzlich hat dann noch Szyszyłowicz angegeben [l. c.], dass sie sich im Gegensatz zu den wahren Schleimen mit Corallin nicht färben.

Sie treten entweder für sich, oder mit Schleimen gemengt auf [Gummischleime], oder aber sie bilden mit Harzarten ein mehr oder minder inniges Gemenge [Harzgummi]. Für die letzte Art des Auf-

---

[105]) Man vergl. auch die Literatur auf pag. 275 f. und pag. 290 f., letztere soweit auf Pectinmetamorphose bezüglich.

tretens sind z. B. von Hanstein [106]) einige sehr schöne Beispiele bei jungen Laubknospen beschrieben worden.

Die Gummimassen sind entweder reine Secrete, wie diejenigen, welche bei pathologischen Zuständen von der Pflanze ausgestossen werden, also beispielsweise das Kirschgummi oder die jener eigenthümliche Gummibildung im Holze der Orangenbäume, die in Italien als „mal della gomma“ bekannt ist [107]). In anderen Fällen aber ist die Gummibildung ein normaler Process, dann wird die gebildete Masse gewöhnlich in eigene Behälter, Gummigänge, ergossen.

Die Entstehung des Traganthgummi aus Zellwandpartien wurde zuerst von Mohl studirt und richtig erklärt [cfr. pag. 277], Karsten betrachtet alle Gummiarten als Zellwandproduct, Trécul und Frank schliessen sich dem an, während Wigand verschiedene Einwendungen macht. Trécul lässt jedoch an der Gummibildung bisweilen theilweise den Inhalt von Gefässen [une substance d'apparence gommeuse] theilnehmen und beschreibt Reservoire [cavernes de resorption] für den gebildeten Gummi. Frank hält die Ergiessung von Gummi stets für das Symptom einer Krankheit, ihre Ursache liegt in der Anhäufung plastischer Materie an einem gewissen Orte, wodurch das Gleichgewicht im Pflanzeninnern gestört wird.

Prillieux findet übereinstimmend mit Trécul, dass sich Gummi sowohl in Gummigängen, wie in Gefässen bildet, letztere besitzen beim Kirschbaum sowohl Tüpfel- als Spiralverdickungen. Es entsteht bisweilen aus Stärke. Nach Hofmeister [108]) ist es kein zutreffender Ausdruck, dass das Gummi durch Desorganisation von Zellwänden entstände, dasselbe sei vielmehr schon vor der Zerstörung der Wände als Zellinhalt vorhanden und bilde mit den umgewandelten Wänden zusammen das Secret. — Im Zellsafte scheinen Gummistoffe nie vorzukommen.

A. Arabin und Cerasin. Kirschgummi färbt sich mit Jod und Chlorzinkjod gelb, mit Kali bräunlich, mit Salzsäure gelb oder in frühen Stadien lebhaft violett [Prillieux], löst sich in Wasser [109]). — Das

---

[106]) Hanstein in Bot. Zeitg., 1868, pag. 704 ff.

[107]) Novellis, Il male della gomma degli agrumi [L'Agricoltura Meridionale, Portici 1879; cfr. des Verf. Besprechung in Bot. Centralbl., Bd. II, 1880, pag. 469 f.].

[108]) Hofmeister, Pflanzenzelle, pag. 234.

[109]) Nach Prillieux [Ann. sc. nat. l. c., pag. 182 f.] findet sich in den Gefässen des Kirschholzes eine vom Cerasin verschiedene Gummiart [Cerason], welche in Wasser nicht löslich ist und mit Jod und Schwefelsäure rosenroth wird. Sie soll dem von Kützing sogenannten Eugelacin vieler Algen sehr ähnlich sein. Mit Salzsäure färbt sie sich violett [Sorauer].

Gummi in den Gummigängen der Cycadeenfiedern färbt sich mit Jod und Chlorzinkjod nicht, mit Alkohol bildet es Flocken [110]). — Corallin lässt Gummi ungefärbt. — In Gummosis begriffene Zellwände werden nach Hanstein durch Anilin häufig violett.

B. Bassorin, Adragantin. Traganthgummi wird nach Mohl durch Jod und Chlorzinkjod nicht gefärbt, nach Prillieux [111]) bemerkt man darin noch Zellwandlagen, welche sich mit Chlorzinkjod blauviolett färben, er ist nach ihm „une mélange de cellulose, et d'une substance mucilagineuse gonflable qui serait interposée entre de très-minces feuillets de cellulose".

C. Der Schleim der Leinsamen, ein Gummischleim, [112]) hat das chemische Verhalten des Bassorins, er ist in Wasser unlöslich, quillt nur darin auf, färbt sich mit Jod und Schwefelsäure nicht blau, höchstens gelb. In Cuprammoniumoxyd ist er unlöslich, quillt in demselben nicht einmal. — Der Schleim von *Plantago Psyllium* ist ähnlich, löst sich aber in Cuprammoniumoxyd mit Leichtigkeit auf, wird durch Jod und Schwefelsäure nicht gebläut. — Ebenso verhält sich der Gummischleim in der Wurzel von *Althaea officinalis*.

VI. Inulin.

Literatur: Rose, Ueber eine eigenth. vegetab. Substanz [Gehlen's neues Journ. d. Chem., Bd. III, 1804, pag. 217—219]. — Payen, Extrait d'un mém. lu à l'Institut sur une nouv. subst. trouvée dans les tuberc. des Dahlias [Journ. de Pharm., t. IX, 1823, pag. 383—392]. — Payen, Observ. sur l'analyse des tuberc. de l'Helianthus tuberosus [Ann. de Chim. et de Phys., t. XXVI, 1824, pag. 98—106]. — Meyen, Neues Syst. d. Pfl.-Phys., Bd. II, 1838, pag. 281—285. — Payen, Complément d'un mémoire etc. [Ann. des sc. nat., 2e sér., t. XIV, Botanique, 1840, pag. 85 ff.]. — Cramer, Ueber d. Verhalten des Kupferoxydammoniaks zur Pflanzenzellmembran, zu Stärke, Inulin etc. [Vierteljahrsschr. d. nat. Ges. Zürich. Bd. III, 1858, pag. 1—22]. — Mohl, Unters. des Pflanzengew. mit Hilfe des polar. Lichtes [Botan. Zeitg., 1858, pag. 1 ff.]. — Hartig, Entwicklungsgesch. d. Pflkeims. Lpz. 1858, pag. 117. — Schacht, Ueber d. Inulin [Sitzungsber. niederrh. Gesellsch. zu Bonn 1863, pag. 174—177]. — Sachs [ebendaselbst, pag. 177—180]. — Sachs, Ueber d. Sphärokrystalle des Inulins [ebendaselbst, 1864, pag. 9—11]. — Sachs, Ueber d. Sphärokrystalle des Inulins und dessen mikrosk. Nachweisung in den Zellen [Botan. Zeitg. 1864, pag. 25 ff.]. — Prantl, Das Inulin. Ein Beitrag zur Pflanzenphysiologie, München 1870.

---

[110]) Kraus in Pringsheim's Jahrb., Bd. IV, pag. 329.

[111]) Prillieux l. c., pag. 181 f.

[112]) Frank l. c., pag. 161—167.

Dragendorff, Materialien zu einer Monographie des Inulins, Petersburg 1870. — Kraus, Beobacht. über d. Vorkommen des Inulins [Sitzungsber. naturf. Gesellsch. zu Halle 27. Febr. 1875][113]).

Das Inulin, auch Alantin, Helenin, Dahlin genannt, besitzt die Formel $C_6H_{10}O_5$ oder nach Kiliani $C_{36}H_{62}O_{31}$. Es findet sich in den unterirdischen Organen vieler Compositen [*Taraxacum officinale, Helianthus tuberosus, Georgina variabilis, Inula Helenium, Eupatorium cannabium* etc.], von *Campanula rapunculoides*, bei einigen anderen Phanerogamen und zahlreichen Kryptogamen [*Acetabularia mediterranea, Elaphomyces granulatus* etc.]. Es kommt bei den erstgenannten Pflanzen stets in den Parenchymzellen [Sachs, Berg, Prantl[114])] vor, und zwar im Zellsafte[115]) in Gestalt einer concentrirten Lösung, welche ziemlich stark lichtbrechend ist. In kaltem Wasser ist es fast unlöslich, löslich dagegen in solchem von 50—55°[116]). In Alkohol, Glycerin, fetten und ätherischen Oelen ist das Inulin unlöslich, die ersten erzeugen in wässrigen Lösungen eine Fällung desselben. Hierauf gründet sich die einzige Methode der mikroskopischen Nachweisung. Stärkere Säuren lösen das Inulin auf, nachdem es vorher durchsichtig geworden ist, desgleichen Kalilauge und Chlorzinklösung. Cuprammoniumoxyd löst das Inulin gleichfalls, die Lösung beginnt indessen nach Cramer nicht an der Oberfläche, sondern im Centrum der Sphärokrystalle. Wird nämlich das Inulin aus Lösungen langsam auskrystallisiren lassen, so bilden sich Sphärokrystalle von höchst eigenthümlichem Bau, welche durch Apposition wachsen[117]). Jodreagentien färben das Inulin nicht, was sich von selbst versteht, da es nicht quellungsfähig ist[118]). Kocht man mikroskopische Schnitte, in denen sich niedergeschlagenes Inulin befindet, in Wasser, welches eine Spur von Salzsäure enthält, einige Minuten lang, so kann man dann mit Kupfersulfat und Kali nach dem früher beschriebenen Verfahren [pag. 244 und 309] grosse Mengen von Kupferoxydul innerhalb der

---

[113]) Vollständige Literaturzusammenstellung, auch die chemische, sehe man bei Prantl, l. c., pag. 67—72, die chemische nach 1870 bei Husemann, Pflanzenstoffe, Bd. I, 1882, pag. 137.

[114]) Prantl, l. c., pag. 39.

[115]) Mohl, Bot. Zeitg. 1858, pag. 17. — Schacht, Sitzungsber. Bonn 1863, pag. 175. — Sachs ebendaselbst, pag. 177.

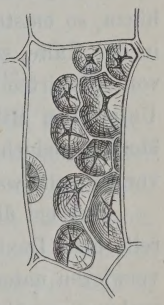
[116]) Sachs, Botan. Zeitg. 1864, pag. 78.

[117]) Nägeli in Sitzungsber. k. Bayer. Acad. d. Wiss. München 1862, Bd. II, pag. 314 ff. — Sachs, l. c., pag. 80.

[118]) Prantl, l. c., pag. 30.

Zellen reduciren; dasselbe gelingt bei frischen Schnitten nicht, wohl aber dann, wenn man sie vorher in angesäuertem Wasser gekocht hat. Dadurch wird nämlich das Inulin in Glycose [Levulose] übergeführt [119]). — Auf dem Platinblech erhitzt, entwickelt das Inulin einen stark nach verbranntem Zucker riechenden Dampf [120]).

Methode der mikroskopischen Nachweisung [Sachs [121]]: Schnitte durch inulinhaltige Gewebe, welche über eine Zellschicht dick sind, werden mit einem grossen Tropfen Alkohol von 90 % bedeckt. Bei Zusatz desselben entsteht ein milchiger Niederschlag; nach einigen Minuten klären sich jedoch die Präparate wieder unter Bildung von Sphärokrystallen. Taucht man dieselben nun in Wasser, so verschwinden die kleinen Körnchen, und die Sphärokrystalle bleiben allein übrig, ihre geschichtete Structur wird deutlicher [Figur 113] [122]). — Viel grösser werden die Krystalle, durchsetzen oft ganze Gewebecomplexe, wenn man grössere inulinhaltige Organe längere Zeit, Tage und Wochen, in Alkohol oder Glycerin legt und erst dann die Schnitte verfertigt. Auch durch Trocknenlassen solcher Organe kann man in ihnen nach Anfertigung von Schnitten Inulin in Form von Sphärokrystallen nachweisen. — Nach Sachs genügt das eigenthümliche Aeussere der Inulinkrystalle, sie als solche zu erkennen, nach Prantl soll eine nähere Prüfung ihrer oben angegebenen weiteren Eigenschaften unerlässlich sein.



113.

VII. Traubenzucker, Glycose.

Literatur: Sachs, Ueber einige neue mikrosk.-chem. Reactionsmethoden [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. XXXVI, 1859, pag. 5 ff.]. — Sachs, Mikrochem. Unters. [Flora 1862, pag. 289 ff.]. — Sachs, Ueber d. Stoffe, welche d. Material z. Aufbau d. Zellwand liefern [Pringsheim's Jahrb. Bd. III, 1863, pag. 183 ff.].

Der Traubenzucker, auch Glycose oder Stärkezucker genannt, $C_6H_{12}O_6$, findet sich in Pflanzengeweben sehr häufig und zwar fast ausnahmslos in wässeriger Lösung und meist im Verein mit Lösungen

---

[119]) Sachs, Sitzungsber. Bonn 1863, pag. 178; 1864, pag. 10.
[120]) Sachs, l. c., pag. 78.
[121]) Sachs, l. c., pag. 85 ff.
[122]) Nach Sachs, l. c. Taf. II, Figur 5.

von Rohrzucker oder anderen Zuckerarten. Er entsteht als Umwandlungsproduct anderer Kohlehydrate, vornehmlich wohl der Stärke [Stärkezucker], welche unter dieser Form im Pflanzeninnern zu wandern scheint.

Die einzige Methode zur mikroskopischen Nachweisung des Traubenzuckers basirt wie die des Dextrins [cfr. pag. 309] und des Rohrzuckers [s. u.] auf den von Trommer entdeckten, resp. von Fehling modificirten Reactionsverfahren gegen Kupfersulfat und Kali; sie wurde von Sachs in die Mikroskopie eingeführt.

Imprägnirt man nämlich ein Glycose-haltiges Gewebe mit concentrirter Kupfersulfatlösung und fügt dann kalte Kalilauge im Ueberschuss hinzu, so entsteht in der Kälte eine schön blaue Flüssigkeit. Schon in der Kälte, schneller beim Kochen, tritt eine reichliche Ausscheidung von reducirtem Kupferoxyd ein, welche prächtig ziegelroth gefärbt ist. Unter dem Mikroskope erscheint der Niederschlag dem des Dextrins ähnlich, jedoch sind die Körner grösser und in viele grössere Flocken versammelt, was beim Dextrin nicht der Fall ist.

Der bei dieser Reaction vorzunehmenden Manipulation wurde bereits beim Dextrin auf pag. 309 f. gedacht; es sei deshalb auf jene Stelle verwiesen unter der Bemerkung, dass hier wie dort Schnitte zur Untersuchung gewählt werden müssen, welche mehr als eine Zellschicht dick sind, da andernfalls der flüssige Zellinhalt austreten, die gewünschte Reaction also nicht stattfinden würde.

An Stelle reiner Kupfersulfatlösung kann auch solche, welche weinsaure Salze enthält [Fehling'sche Lösung] in Anwendung gebracht werden. Letztere stellt man dar durch Auflösen von 1 Gewichtstheil Kupfersulfat und 5 Theilen Kaliumnatriumtartrat in 8 Theilen Wasser und bewahrt die Lösung im Dunklen auf.

VIII. Rohrzucker, Saccharose.

Literatur: Dieselbe wie beim Traubenzucker.

Wie der Traubenzucker so ist auch der Rohrzucker oder die Saccharose, $C_{12}H_{22}O_{11}$, ein weit verbreiteter Pflanzenstoff, der in den Zellen gleichfalls eine klare Lösung darstellt.

Die von Sachs angegebene Methode der mikroskopischen Nachweisung ist dieselbe wie beim Traubenzucker. Versetzt man einen Rohrzucker-haltigen Schnitt mit Trommer'scher oder Fehling'scher Lösung und setzt dann Kalilauge hinzu, so tritt wie vorhin eine schön

blaue Färbung auf; es findet aber selbst nach kürzerem Kochen keine Reduction von Kupferoxyd statt. Die in der Kälte erscheinende blaue Färbung ist sehr charakteristisch und selbst bei ziemlich dünnen Schnitten deutlich wahrzunehmen.

Eine Reduction des Kupferoxyds zeigt also stets die Anwesenheit von Traubenzucker oder Dextrin an, während in Rohrzuckerlösungen eine Reduction nicht stattfindet.

Ueber Nachweisung von Gemengen dieser Stoffe für sich oder mit Eiweisssubstanzen sehe man Sachs, Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien. Bd. XXXVI, pag. 10 f.

IX. Eiweissstoffe, Proteïnstoffe.

Unter den stickstoffhaltigen Pflanzenstoffen nehmen die Eiweiss- oder Proteïnstoffe die hervorragendste Stelle ein. Sie fehlen keiner lebensthätigen Zelle und alle vitalen Processe sind an sie gebunden. Chemisch sind sie charakterisirt durch die Componenten Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff, mit einem geringen, aber constant auftretenden Gehalt an Schwefel. Im übrigen ist bis jetzt von keinem Eiweissstoffe eine irgendwie befriedigende chemische Formel aufgestellt worden. Vielleicht ist eine solche überhaupt unmöglich, da die in der Pflanze uns entgegentretenden Eiweissstoffe wahrscheinlich keine Individuen im Sinne der Chemiker sind. Von dem „Protoplasma" z. B. wurde dieses seit langer Zeit gemuthmaasst; die kürzlich veröffentlichten chemischen Analysen Rodewald's des Protoplasma von *Aethalium septicum* [123]) weisen in demselben eine grosse Reihe verschiedener organischer und anorganischer chemischer Bestandtheile nach.

Die Eiweisssubstanzen treten als Inhaltsstoffe von Zellen auf; sie sind fest oder plastisch-zähe, oft von einer Flüssigkeit nicht zu unterscheiden. In absolutem Alkohol sind sie unlöslich, in Wasser löslich oder unlöslich; sie sind meist farblos, seltener gelblich, noch seltener röthlich oder bläulich gefärbt.

Als allgemeine Eigenschaften der Eiweissstoffe, welche ihre Erkennung unter dem Mikroskope leicht ermöglichen, seien hervorgehoben,

---

[123]) Reinke, Ueber d. Zusammensetz. d. Protopl. v. *Aethal. sept.* Göttingen 1880. — Reinke u. Rodewald, Studien über d. Protoplasma, I. Die chem. Zusammensetz. des Protopl. v. *Aethal. sept.* [Unters. aus d. Bot. Laborat. d. Univ. Göttingen. Heft II, 1881, pag. 1—75].

dass sie die Fähigkeit haben, Jod aus irgend welchen Lösungen mit gelber, dunkelgelber oder brauner Farbe aufzuspeichern, und zwar ist diese Farbe intensiver als die der umgebenden Jodlösung, dass sie mit Salpetersäure eine dunkelgelbe Verbindung eingehen, welche von Mulder mit dem Namen Xanthoproteïnsäure belegt wurde, dass sie mit Kupfersulfat und Kali eine schön violette Färbung annehmen, dass sie mit dem Millon'schen Reagenz eine rosenrothe Farbe geben, dass sie mit Zuckerlösung unter Assistenz von Schwefelsäure roth werden, dass sie die Hanstein'sche Anilinlösung unverändert aufnehmen. Abgestorbene Eiweissstoffe besitzen überhaupt die Fähigkeit der Aufspeicherung von Farbstoffen [Carminlösungen, Hämatoxylin], während den lebenden diese Eigenthümlichkeit nicht eigen ist.

Eine chemische Gruppirung der Proteïnstoffe ist zwar häufig versucht, bis jetzt jedoch in befriedigender Weise nicht gelöst worden. Ritthausen, einer der besten Kenner derselben, theilt sie [124]) in Eiweiss [Pflanzeneiweiss oder Albumin], in Pflanzencaseïn [Legumin, Conglutin und Glutencaseïn] und in Kleberproteïnstoffe [Gliadin, Mucedin und Glutenfibrin] ein. Pfeffer [125]) hält jede chemische Eintheilung vorläufig für unstatthaft und gruppirt mit A. Mayer [126]) die eiweissartigen Körper in Reserveproteïnstoffe und functionirende Proteïnstoffe. Diese Eintheilung liegt auch der folgenden Darstellung zu Grunde.

1. Reserveproteïnstoffe. [Proteïnkörner, Aleuron, Klebermehl].

Literatur: Hartig, Ueber das Klebermehl [Botan. Zeitg. 1855, pag. 881]. — Hartig, Weitere Mittheil., d. Klebermehl [Aleuron] betreffend [ebendaselbst 1856, pag. 257 ff.]. — Hartig, Entwicklungsgesch. d. Pflanzenkeims. Lpz. 1858, pag. 108—134. — v. Holle, Beiträge z. näheren Kenntniss d. Proteïnkörner im Samen der Gewächse [Neues Jahrb. f. Pharmac. Bd. X, 1858, pag. 1—24]. — Cohn, Ueber Proteïnkrystalle in den Kartoffeln [37. Jahresber. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Cultur, 1858, pag. 72—82]. — Trécul, Des formations vésiculaires dans les cellules végét. [Ann. des sc. nat., 4e sér. t. X, 1858, pag. 20 ff.]. — Maschke, Ueber d. Bau u. d. Bestandtheile der Kleberbläschen in Bertholletia, deren Entwicklung in

---

[124]) Husemann, Pflanzenstoffe, 1882, Bd. I, pag. 233 ff.
[125]) Pfeffer in Pringsheim's Jahrb., Bd. VIII, pag. 491.
[126]) A. Mayer, Lehrb. d. Agriculturchemie 1877, pag. 191.

Ricinus [Botan. Zeitg. 1859, pag. 409 ff.]. — Radlkofer, Ueber Krystalle proteïnartiger Körper pflanzlichen u. thierischen Ursprungs. Leipz. 1859. — Nägeli, Ueber d. krystallähnl. Proteïnkörper u. ihre Verschiedenh. v. wahren Krystallen [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. z. München, Jahrg. 1862, Bd. II, pag. 120—154]. — Cramer, Das Rhodospermin, ein krystalloïdischer, quellbarer Körper im Zellinhalt verschiedener Florideen [Vierteljahrsschr. d. naturforsch. Gesellsch. in Zürich. Jahrg. VII, 1862, pag. 350—365]. — Nägeli, Pflanzenphysiol. Unters. — Sachs, Zur Keimungsgesch. d. Dattel [Botan. Zeitg. 1862, pag. 241 ff.]. — Sachs, Ueber d. Keimung des Samens v. *Allium Cepa* [ebendaselbst 1863, pag. 57 ff.]. — Gris, Recherches anatom. et physiol. sur la germination [Ann. des sc. nat., 5e sér., t. II, 1864, pag. 1—123]. — Cohn, Beitr. z. Physiol. d. Phycochromaceen u. Florideen [Schultze's Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. III, 1867, pag. 1—60]. — Dippel, D. Mikrosk., Bd. II, 1869, pag. 29 ff. — Klein, Ueber d. Krystalloïde einiger Florideen [Flora 1871, pag. 161—169]. — Klein, Zur Kenntniss des Pilobolus [6. Geformte Inhaltskörper] [Pringsheim's Jahrb., Bd. VIII, 1872, pag. 337 f.], — Pfeffer, Unters. über d. Proteïnkörner u. d. Bedeutung des Asparagins beim Keimen der Samen [ebendaselbst, pag. 419—574]. — Sachs, Lehrb., pag. 53—59. — Prillieux, Sur la coloration et le verdissement du Neottia Nidus-avis [Ann. des sc. nat., 5e sér., t. XIX, 1874, pag. 108—118]. — Van Tieghem, Nouvelles recherches sur les Mucorinées [Format. et rôle des cristalloïdes de mucorine] [ebendaselbst, 6e sér., t. I, 1875, pag. 24—32]. — Schimper, Unters. über d. Proteïnkrystalle d. Pfl. Strassb. 1879. — Klein, *Pinguicula alpina* als insectenfr. Pfl. u. in anatomischer Beziehung [Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pfl., Bd. III, 1880, pag. 163—184]. — Klein, Neuere Daten über d. Krystalloïde in Meeresalgen [Flora 1880, pag. 65 ff.]. — Vines, On the chemical compos. of Aleuron-grains [Proceed. of the Royal Soc. of Lond., vol. XXX, 1880, pag. 387 ff.].

Die Proteïnkörner [v. Holle, Pfeffer], auch Aleuron oder Klebermehl [Hartig] genannt, wurden im Jahre 1855 von Theodor Hartig entdeckt und zuerst von ihm, später von Sachs und vorzüglich von Pfeffer eingehend untersucht. Sie finden sich im Endosperm oder im Kotyledonarparenchym ruhender Samen einer Anzahl von Pflanzen [127]), und zwar in die fetthaltige Protoplasmasubstanz der Zellen eingebettet, oft in Gesellschaft mit Stärke. Sie bilden sich im letzten Reifestadium des Samens und verändern sich bei beginnender Keimung wieder. Sie stellen sehr kleine, kleinere oder grössere Körnchen dar; bisweilen finden sich in derselben Zelle viele kleine Körnchen und ein grosses Proteïnkorn [Solitär Hartig]. Sie bestehen ganz aus Proteïnstoffen, vielleicht sind diesen geringe Mengen anderer Substanzen beigemischt.

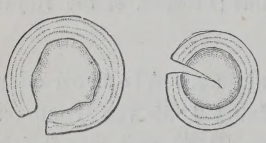
---

[127]) Vgl. über ihr Vorkommen Hartig, Entwicklungsgesch. d. Pflkeims, pag. 120—124 und die oben citirte Abhandlung von Pfeffer.

[Die Angabe von Sachs, dass sie Fett enthielten, ist später von Pfeffer widerlegt worden]. Die Masse der Körnchen ist entweder amorph, oder ein Theil der Proteïnsubstanz hat eine krystallartige Beschaffenheit angenommen [Proteïnkörner mit Krystalloïden]. Noch andere enthalten anorganische Einschlüsse. Letztere sind entweder wahre Krystalle von Calciumoxalat oder krystallinische, rundliche Körper, sogenannte Globoïde, welche aus Calcium- und Magnesiumphosphaten bestehen. Wir wollen daher nach einander besprechen: a) amorphe Proteïnkörner, b) Proteïnkörner mit Krystalloïden, c) Proteïnkörner mit anorganischen Einschlüssen.

A. Amorphe Proteïnkörner.

Alle amorphen Proteïnkörner sind unlöslich in absolutem Alkohol und Aether [beide müssen ganz wasserfrei sein], in Chloroform und Benzol, in fetten und flüchtigen Oelen. Zumal das Benzol löst aber das Fett der umgebenden Grundmasse, bei fettreichen Samen erscheinen also nach seiner Anwendung die Proteïnkörner deutlicher [vgl. übrigens unten]. Wird zu einem in Alkohol liegenden Präparat allmählich Wasser zugesetzt, so zeigen manche Proteïnkörner eine concentrische Schichtung. Dieselbe Erscheinung tritt oft ein [*Paeonia*, Endosperm], wenn man Alkohol anwendet, der wenig Schwefelsäure enthält, und die Schnitte darauf in Wasser beobachtet [128]). Die Schichtung zeigt sich jedoch nur im peripherischen Theile des Kornes, das Centrum bleibt amorph [Figur 114, nach Pfeffer]. — In Wasser sind viele Proteïnkörner ganz löslich, andere theilweise, noch andere sind darin ganz unlöslich. Alle sind in Wasser, welches eine Spur von kaustischem Kali enthält, löslich, ebenso in Säuren und Alkalien, in Glycerin [viele] und in Zuckerlösung [hierin oft langsam]. Die Beobachtung der in Wasser löslichen Körner muss in absolutem Alkohol oder Oel geschehen; ihre Anwesenheit constatirt man am besten in Jodglycerin [Jod mit wenig Jodkalium in Glycerin gelöst, cfr. pag. 238].



114.

Pfeffer hat eine Methode angegeben, die in Wasser löslichen Proteïnkörner in eine unlösliche Modification überzuführen; er sagt [129]) darüber Folgendes: „Ich benutze die Eigenschaft der Proteïnstoffe, durch

---

[128]) Pfeffer, l. c. pag. 499.

[129]) Pfeffer, l. c. pag. 441.

Quecksilbersublimat in eine in Wasser unlösliche, übrigens chlorfreie Quecksilberverbindung übergeführt zu werden. Um diese ohne Desorganisation der Proteïnkörner zu erhalten, digerire ich die Samenschnitte in kleinen Fläschchen während mindestens 12 Stunden mit einer Lösung von einfach Chlorquecksilber in absolutem Alkohol, auf deren Concentration es nicht gerade ankommt, doch mag ich wohl meist eine etwa 2procentige Lösung angewandt haben. Man spült dann die Schnitte in Alkohol ab und trägt sie in Wasser, in dem nun die Proteïnkörner aller Samen unlöslich sind. Es ist nicht zu empfehlen, die Samenschnitte sorgfältig mit Alkohol auszuwaschen, auch mache ich darauf aufmerksam, dass man sich zum Herausnehmen der Schnitte keiner Nadeln oder Scalpelle von Stahl bedienen darf, da Eisen metallisches Quecksilber auf sich niederschlägt, das auch die damit in Berührung kommenden Schnittflächen verunreinigt. Man wird deshalb entweder Glasstäbe oder am bequemsten Nadeln oder kleine Scalpelle von Platina anwenden müssen, welche letzteren man sich zu diesem Zwecke einfach herstellen kann, indem man ein entsprechend zugeschnittenes Stück eines Platinbleches in ein Glasrohr einschmilzt. — Die in angegebener Weise mit Sublimat unlöslich gemachten Proteïnkörner quellen in Wasser wohl etwas auf, nehmen aber beim Zurücktragen in Alkohol nach einiger Zeit wieder ihr früheres Volumen an". Uebrigens sind sie in verdünnten Alkalien wie in Säuren löslich, und man erhält an ihnen dieselben Reactionen wie an frischen Proteïnkörnern, es eignen sich zu den an ihnen zu studirenden Reactionen zumal die sauren Reagentien.

Durch die Methode des Unlöslichmachens ist zugleich der Beweis beigebracht, dass Gummi, Rohrzucker und Pectinstoffe gar nicht oder doch nur in sehr geringer Menge in den Proteïnkörnern vorkommen. Diese Stoffe gehen mit Sublimat nämlich keine unlösliche Verbindung ein, müssten also auch nach dem Verfahren durch Wasser noch herausgelöst werden; das Korn müsste sich alsdann also an Masse und Gestalt ändern, was thatsächlich nicht der Fall ist [130]).

Werden in Wasser unlösliche oder unlöslich gemachte Proteïnkörner mit Wasser gekocht, resp. mit Alkohol oder Aether behandelt, so coaguliren sie und sind dann in verdünnten Alkalien und in Säuren bei gewöhnlicher Temperatur kaum, in concentrirten Alkalien erst allmählich löslich.

Jedes Proteïnkorn ist von einer zarten Hüllhaut umgeben. Wird

---

[130]) Pfeffer, l. c. pag. 442.

durch eins der angegebenen Mittel die Grundsubstanz vorsichtig fortgelöst, so bleibt das das Korn umgebende, zarte Häutchen zurück. Die auf dasselbe angewandten Reagentien lehren, dass es gleichfalls aus Proteïnstoffen besteht.

Die hauptsächlichsten mikroskopischen Reactionen der Proteïnkörner sind folgende: Jod wird aus allen Lösungen mit gelbbrauner oder brauner Farbe aufgespeichert [bei den nicht in die coagulirte Modification verwandelten Körnern verwendet man neutrale Lösungen]; auch zahlreiche andere Farbstoffe werden von den Körnern aufgespeichert. Pfeffer [131]) bedient sich zu diesem Zwecke vorzüglich des in Wasser löslichen Anilinblaus, dessen Lösung lange Zeit unverändert bleibt. Die Proteïnkörner nehmen damit eine, bei kleinen Mengen noch mehr auffallende Färbung, als bei Cochenilleauszug an. Salpetersäure und Kali geben die gelbe, von Xanthoproteïnsäure herrührende Färbung, Zucker und Schwefelsäure [pag. 249] eine rosenrothe, Millon'sches Reagenz [pag. 247] eine ziegelrothe. Das letzte ist nach Pfeffer jedoch nicht sehr empfehlenswerth, ebenso ist Kupfersulfat und Kali zu verwerfen, welches von Nägeli und Schwendener [132]) zu diesem Zwecke sehr empfohlen wird. — Cuprammoniumoxyd löst die Proteïnkörner nicht.

Alle amorphen Proteïnkörner sind nicht doppelbrechend, erscheinen also im Polarisationsapparat auf dunklem Felde nicht leuchtend [Caspary, Hartig [133])].

Anhangsweise wollen wir hier noch mit einigen Worten der protoplasmatischen Grundmasse der Zellen gedenken, welche Proteïnkörner enthalten [134]). Sie ist Protoplasma, dessen Wasser durch Fett ersetzt ist, welches sich in Gestalt kleinerer oder grösserer Tröpfchen in demselben findet. Benzol oder Aether lösen dasselbe leicht weg, wonach die fein granulirte Grundmasse, oft sehr spärlich, zurückbleibt. Der Fettgehalt der Grundmasse lässt sich sehr schön mit Alkannaroth sichtbar machen [Pfeffer]. Man wendet einen tiefgefärbten, mit etwa 70- bis 80procentigem Weingeist dargestellten Auszug der Alkannawurzel an [cfr. pag. 261], schwenkt in diesem einen Samenschnitt einigemal herum, spült ihn oberflächlich mit schwachem Weingeist ab und

---

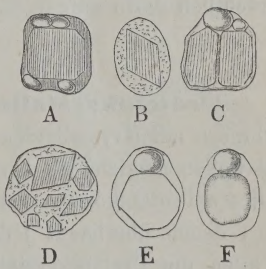
[131]) Pfeffer, l. c. pag. 444.
[132]) Nägeli u. Schwendener, Mikrosk., pag. 530.
[133]) Hartig, Entwicklungsgesch. d. Pflk., pag. 109.
[134]) Pfeffer, l. c. pag. 478—485.

legt ihn sogleich in concentrirtes Glycerin. Der in Alkohol gelöste Farbstoff dringt in der kurzen Zeit, innerhalb der er mit den Proteïnkörnern in Berührung kam, nicht in diese ein, in Glycerin aber scheidet sich der in alkoholischer Lösung dem Schnitt anhängende Farbstoff ab, wird aber von dem Fette der Grundmasse, mit dem er so in innige Berührung kommt, schnell aufgelöst, und indem er sich in demselben vertheilt, wird die Grundmasse fettreicherer Samen in kürzerer Zeit schön blutroth gefärbt. Selbst wenn die Grundmasse sehr tief gefärbt ist, erscheinen die Proteïnkörner ganz farblos, auch wenn sie isolirt liegen [135]). Ist das Fett in Alkohol sehr leicht löslich [Samen von *Ricinus*], so kann man die Alkannatinctur mit dem gleichen Quantum Glycerin versetzen.

Behandelt man die Proteïnkörner-haltigen Zellen [nach Entfettung durch Aether oder Benzol] mit Kalilösung oder Kaliwasser, so werden die Körner fortgelöst und die Grundmasse sowie die Hüllhäute der Körner bleiben als zartes Netzwerk zurück, welches oft einem Parenchymgewebe nicht unähnlich sieht [136]). Jodlösungen färben dasselbe braungelb, Millon'sches Reagenz roth; es besteht also aus Eiweisssubstanzen. Der Zellkern ist in demselben zusammengeschrumpft gelegen.

B. Proteïnkörner mit Krystalloïden [137]).

Eine grosse Zahl von Proteïnkörnern enthält im Innern geformte Proteïnstoffe, die in Gestalt von krystallähnlichen Körpern auftreten; sie wurden von Hartig mit dem Namen Weisskörner belegt, Nägeli nennt sie Krystalloïde. Sie sind umgeben von der Hüllmasse des Kornes [Figur 115 *A*, *B*], welche übrigens oft fast ganz fehlen kann. In einem Korne finden sich bisweilen mehrere Krystalloïde vereinigt [Figur 115 *C*, *D*, nach Pfeffer]. In Oel und Alkohol sind die Krystalloïde gewöhnlich nicht sichtbar, in Folge des gleichen Lichtbrechungsvermögens von Hüllmasse und Krystalloïd; um letzteres sichtbar zu machen, werden die Körner in Wasser gebracht. Dieses löst die Hüllmasse auf oder lässt sie quellen, wodurch das wenig



115.

[135]) Pfeffer, l. c. Taf. XXXVIII, Figur 21.
[136]) Pfeffer, l. c. Taf. XXXVIII, Figur 2.
[137]) Pfeffer, l. c. pag. 450—464.

quellbare Krystalloïd hervortritt. Die Hüllmasse hat dieselbe Beschaffenheit, wie die Substanz der Proteïnkörner ohne Krystalloïde.

Von den Eigenschaften der Krystalloïde heben wir folgende hervor: Die Krystallsysteme sind noch nicht näher bekannt; die Krystalloïde von *Bertholletia* sollen nach Nägeli klinorhombisch sein, andere gehören nach Hartig dem tesseralen und rhombischen Systeme an; Sorauer fand ausserdem quadratische Säulen. Alle Krystalloïde sind, wenngleich nur schwach, doppelbrechend [138]), nach Radlkofer soll durch Coagulation letztere Eigenschaft aufgehoben werden. Die Winkel der Krystalloïde sind sehr inconstant, Wasserzusatz verändert sie um 2 bis 3 Grad, Quellung um 15 bis 16 Grad. Nach Nägeli bestehen die Krystalloïde aus zwei verschiedenen Stoffen, ähnlich wie die Stärkekörner [cfr. pag. 306], nach Maschke aus Caseïn und wenig Albumin, nach Pfeffer sind beide Ansichten unbegründet.

Alle Krystalloïde sind in Wasser unlöslich, sie können daher durch dieses allein oder mit Zusatz von Natriumphosphat von der Grundmasse befreit werden. Unlöslich sind sie gleichfalls in absolutem Alkohol, löslich dagegen in kalihaltigem Glycerin, in verdünntem Kali, sowie in Salz und Essigsäure. Nach der Lösung hinterlässt jedes Krystalloïd ein Häutchen [Figur 115 *E*, *F*, nach Pfeffer], am besten gelingt dieses bei Anwendung von concentrirtem Glycerin mit einer Spur Kali. Dieses giebt dieselben Reactionen wie das Hüllhäutchen. Durch Kochen werden die Krystalloïde in die unlösliche Modification der Proteïnstoffe übergeführt; sie sind dann in verdünntem Kali unlöslich, quellen aber beträchtlich darin auf.

* * *

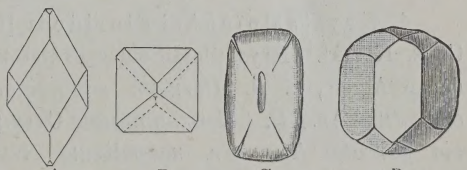
Proteïnkrystalloïde ohne Hüllmasse. Bei den Proteïnkörnern mit Krystalloïden ist die Hüllmasse oft quantitativ beträchtlich, bisweilen umgiebt sie das Krystalloïd als eine nur sehr dünne Schicht. Diesen Proteïnkörnern schliessen sich jene Krystalloïde wohl am besten an, denen überhaupt jede Hüllmasse fehlt; es liegen also in diesen Fällen die Proteïnkrystalloïde frei in den Zellen, resp. dem Plasma. Eine scharfe Grenze ist zwischen den freiliegenden Proteïnkrystalloïden und den mit Hüllmasse umgebenen wohl kaum zu ziehen. Freie Proteïnkrystalloïde kommen häufig vor, sowohl in ruhenden Samen als anderwärts, bei Phanerogamen und bei Kryptogamen. Wir beschränken uns hier auf die Anführung einiger genauer untersuchter Vorkommnisse:

---

[138]) Maschke in Bot. Zeitg. 1859, Taf. XV, Figg. 95, 96, 98, 99, 101, 102.

1. Krystalloïde der Kartoffelknolle [Cohn]. In der Rindenschicht der Kartoffelknolle kommen zahlreiche, würfelförmige Krystalloïde von 0·007 bis 0·013 mm Seitenlänge vor. Cohn giebt folgende Reactionen dieser schwach doppelbrechenden Gebilde an[139]). Jod färbt sie gelb bis tief goldbraun, Zucker mit Schwefelsäure pfirsichblütenroth, Millon'sches Reagenz ziegelroth. Carmin mit möglichst wenig Ammoniak speichern sie tiefroth auf, Cochenilleextract in Wasser auf nachherigen Zusatz von Essigsäure [Maschke] intensiv und brennend roth. Sie sind allmählich löslich in Glycerin, löslich in Ammoniak [von aussen nach innen], in Essigsäure [von innen nach aussen] und in verdünnter Kalilauge [nicht in concentrirter, diese färbt sie gelb und lässt sie aufquellen]. Auch Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure lösen meist oder machen die Krystalloïde zu kugelförmigen Tropfen aufquellen. Beim Kochen in Wasser bleiben die Krystalloïde im allgemeinen unverändert, werden aber leichter sichtbar und erhalten eine geschichtete Structur.

2. Krystalloïde bei *Bertholletia excelsa* [Hartig, Maschke, Radlkofer, Nägeli]. Die Krystalloïde im Endosperm der Paranuss sind häufig beschrieben worden, die Angaben über die von ihnen erzeugten Reactionen gehen aber bei den einzelnen Forschern weit aus einander, was wohl, wie Nägeli hervorhebt, hauptsächlich darin seinen Grund hat, dass die einzelnen Reagentien in sehr verschiedenen Concentrationsgraden angewandt wurden, und dass die geprüften Krystalloïde auf verschiedene Weise dargestellt wurden. — Hartig hielt die Krystalloïde für hexagonal, Maschke für tesseral, Nägeli endlich machte es sehr wahrscheinlich, dass sie klinorhombisch sind [Figur 116 *A*, *B* nach Nägeli]. Sie lösen sich nach Nägeli nicht in Wasser [Hartig und v. Holle hatten angegeben, dass sie darin löslich seien, Radlkofer, dass sie davon nur wenig angegriffen würden], durch Kochen in Wasser coaguliren sie und sind dann in verdünnten Alkalien nicht mehr löslich [Radlkofer]; Alkohol und Aether verändern sie nicht, auch nicht, wenn

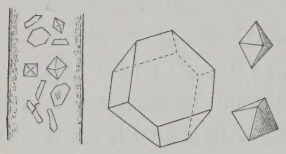


116.

[139]) Cohn, 58. Ber. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Cultur, 1859, pag. 74—77.

sie siedend angewandt werden. Glycerin löst sie nach Nägeli nicht, bringt nur Volumzunahme hervor [nach Radlkofer löst es dieselben sehr langsam], Essigsäure löst sie gleichfalls nicht, jedoch bei Gegenwart von Glycerin. Sehr schwache Säuren verändern die Krystalloïde nicht, stärkere lösen sie langsamer oder schneller, bringen aber immer erst Quellung hervor [Figur 116, *C*, *D*]. In Salpetersäure werden sie rundlich und vacuolig und mit der Zeit gelb. Ammoniak löst dieselben unter geringem Aufquellen, gleichfalls verdünnte Kalilauge, während concentrirte sie nicht löst, sondern nur rundlich macht. Jod färbt sie gelbbraun oder braun, Millon'sches Reagenz roth; Farbstoffe werden energisch aufgespeichert [140]).

3. Krystalloïde bei *Pilobolus* [Klein, Van Tieghem]. In den Fruchtträgern von *Pilobolus* finden sich gleichfalls viele kleine Krystalloïde, die von Klein bei *Pilobolus crystallinus*, bei Van Tieghem bei *P. roridus* untersucht worden sind [Figur 117, nach Van Tieghem und Klein]. Sie sind farblos, sehen Octaëdern oder quadratischen Pyramiden ähnlich und haben Kanten, die nicht ganz eben sind. Kali lässt sie quellen oder löst sie, Jod färbt sie gelb oder braun, ist die Jodlösung Jodalkohol, so schrumpfen sie zugleich, auch Alkohol allein contrahirt sie, Schwefelsäure allein färbt sie rosenroth [auch das Plasma von *Pilobolus* färbt sich mit Schwefelsäure ebenso], concentrirte Salpetersäure färbt sie nach längerer Einwirkung blassgelb [141]).



117.

4. Krystalloïde bei Florideen [Rhodospermin]. [Cramer, Cohn, Klein]. Krystalloïde eines Proteïnkörpers wurden bei verschiedenen Algen, z. B. *Bornetia secundiflora* Thuret, *Callithamnium caudatum* Ag., *C.* [*Morothamnium* Cram.] *seminudum* Ag. *Griffithsia barbata* Ag., *Gr. neapolitana* Näg., *Gongoceras pellucidum* Ktzg. beobachtet und von Cramer mit dem Namen Rhodospermin belegt, da sie gewöhnlich den rothen Algenfarbstoff [Rhodophyll] aufgespeichert haben und rosenroth sind. Cohn und Klein wiesen übrigens später nach, dass die Krystalloïde in der lebenden Pflanze meist farblos sind. Die Krystalloïde sind entweder einfach brechend

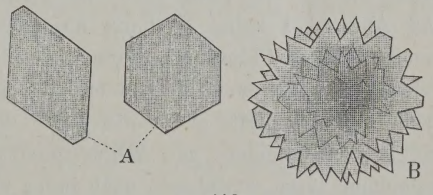
---

[140]) Nach Nägeli, Sitzungsber. Bayer. Acad. 1862, Bd. II, pag. 128—137; Radlkofer, Krystalle proteïnartiger Körper, pag. 65—69.

[141]) Klein in Pringsheim's Jahrb., Bd. VIII, pag. 337 ff. u. 376. — Van Tieghem in Ann. des sc. nat., 6e sér., t. I, pag. 25 f.

und gehören dann dem hexagonalen Systeme an [Nadeln oder Tafeln von 0·004 bis 0·050 mm Länge] oder sie sind doppelbrechend, klinorhombisch [octaëderähnliche Gestalten von 0·01 bis 0·04 mm Länge]. Cramer unterscheidet daher hexagonales und klinorhombisches Rhodospermin. — a) Hexagonales Rhodospermin: Unlöslich in Wasser und absolutem Alkohol [kalt und siedend], Glycerin und Essigsäure, kalter Salzsäure [beim Kochen allmählich zerstört], Schwefelsäure [desgleichen] und Salpetersäure. Salpetersäure färbt es allein nicht, erst nach Zusatz von Ammoniak. Unlöslich ferner in verdünnter und concentrirter Kalilauge, Ammoniak und Cuprammoniumoxyd; diese Stoffe bringen es aber zum Aufquellen, in kochender Kalilauge wird es allmählich zerstört. Jod färbt es erst goldgelb, dann braungelb, ammoniakalische Carminlösung färbt es roth, aber nicht wesentlich anders als die umgebende Lösung, Carminlösung mit Zusatz von Kochsalz dagegen intensiv roth. Zucker mit Schwefelsäure giebt keine Reaction. — b) Klinorhombisches Rhodospermin. Jod, Salpetersäure mit Ammoniak und Carmin verhalten sich wie beim hexagonalen Rhodospermin; in Kali und Ammoniak quillt es, wird durch Schwefelsäure, Salzsäure und Salpetersäure wieder contrahirt; Millon'sches Reagenz färbt es bräunlichgelb[142]).

5. Farbkrystalloïde im Fruchtfleisch von *Solanum americanum. Mill.* [Nägeli]. Dieselben treten in Gestalt dünner Tafeln und Rhomben [Figur 118 *A*, nach Nägeli] auf, welche häufig zu Drüsen [*B*] vereinigt sind, dem rhombischen Systeme angehören und intensiv violette Farbe besitzen. Die Krystalloïde bestehen theilweise aus Eiweisssubstanzen, welche von jenem violetten Farbstoffe durchdrungen sind. Wasser lässt sie unverändert; ist es schwach sauer oder alkalisch, so verändert sich der Farbenton. Alkohol entfärbt sie von innen nach aussen und löst auch die meisten; ebenso verhält sich Aether; Jod färbt sie braungelb. Sehr schwache Säuren färben hellroth, starke entfärben, machen das Krystalloïd in einzelne Stücke zer-



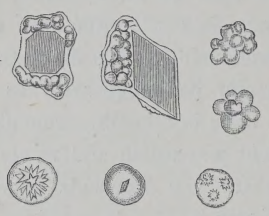
118.

[142]) Nach Cramer l. c., Cohn in Schultze's Archiv, Bd. III, pag. 24 f., Klein in Flora 1871, pag. 161—169.

fallen und lösen es schliesslich. Kali und kochendes Wasser verhalten sich ähnlich. Aetherische Oele und Chloroform sind auf die trockenen Krystalloïde ohne Wirkung [143]).

C. Proteïnkörner mit anorganischen Einschlüssen.

Wie bereits kurz erwähnt wurde [pag. 324], giebt es Proteïnkörner, die im Innern anorganische Einschlüsse enthalten; diese sind entweder Globoïde [Figur 119 *A*, nach Pfeffer] oder Krystalle [*B*]. Erstere sind eine Verbindung von Magnesia und Kalk mit einer gepaarten Phosphorsäure, letztere bestehen aus Calciumoxalat. Häufig kommen Globoïde mit Krystalloïden in demselben Proteïnkorn vor, seltener Globoïde mit Krystallen.



119.

a) Proteïnkörner mit Globoïden. Die Globoïde [Kranzkörper, Hartig] besitzen eine rundliche oder traubige Gestalt [Figur 119 *A*], sie finden sich fast in jedem Samen, der Proteïnreservestoffe enthält. Die grössten [*Vitis*] erreichen einen Durchmesser von 0·01 mm. Um Globoïde [wie Krystalle] zu untersuchen, entölt man zuerst die Samenschnitte [s. o.] und löst die Proteïnkörner in Wasser oder sehr verdünntem Kali [Pfeffer]. Die Globoïde sind einfachbrechend, unlöslich in kaltem und kochendem Wasser und Alkohol, löslich in allen Mineralsäuren und Essigsäure [ohne Brausen]. Sie nehmen mit Jod und Anilinblau keine Färbung an. Sie lösen sich langsam in ammoniakalischer Chlorammonlösung, desgleichen in Alkohol, der etwas Schwefelsäure oder Oxalsäure enthält, im letzteren Falle findet man nach längerer Zeit an Stelle der Globoïde oft winzige Krystallnadeln von Calcium- und Magnesiumoxalat. Concentrirtes Kali und Ammoniak lösen von aussen nach innen einen Stoff aus den Globoïden, sie erscheinen dann als fein granulirte, schwach lichtbrechende Masse, mit einer hautartigen Schicht, die sich jetzt mit Jod und Anilinblau wie Proteïnstoffe färbt. Bei der Einwirkung des Kalis ist eine Quellung nicht zu constatiren.

b) Proteïnkörner mit Krystallen. Die Krystalle treten als klinorhombische Tafeln etc. oder als zusammengewachsene Krystall-

---

[143]) Nägeli, Sitzungsber. d. Bayer. Acad. 1862, Bd. II, pag. 147—154; vgl. auch Nägeli in Pflanzenphysiol. Unters., Bd. I, pag. 6.

drusen auf. Sie sind unlöslich in Wasser und Essigsäure, werden sie geglüht, so löst sich die rückständige Masse unter Brausen in letzterer; sie sind unlöslich in nicht zu concentrirter Kalilauge. [Weitere Reactionen cfr. unten unter XIII. Anorganische Pflanzenbestandtheile]. Löst man die Krystalle vorsichtig in Salzsäure, so bleibt ein zartes, aus Proteïnstoffen bestehendes Häutchen zurück; auch in der Mitte befindet sich ein ähnlicher Kern. Man erkennt beide am sichersten, wenn man der lösenden, verdünnten Salzsäure etwas Jod zusetzt.

2. Functionirende Proteïnstoffe. [Protoplasma und Zellkern].

Literatur: v. Mohl, Einige Bemerk. über d. Bau d. veget. Zelle [Bot. Ztg. 1844, pag. 273 ff.]. — v. Mohl, Verm. Schr. Tübing. 1845 a. v. O. — v. Mohl, D. veget. Zelle. Brschwg. 1851, pag. 198 ff. — Schacht, D. Pflanzenzelle. Lpz. 1852 a. v. O. — Hartig, Ueber d. Verf. b. Behandl. d. Zellkerns mit Farbstoffen [Bot. Zeitg. 1854, pag. 877 ff.]. — v. Mohl, D. Primordialschlauch [Bot. Zeitg. 1855, pag. 689 ff.]. — Schacht, Lehrb. d. Anat. u. Physiol. d. Gew. 1856 a. v. O. — Hartig, Entwicklungsgesch. d. Pflkeims. Lpz. 1858 a. v. O. — Maschke, Pigmentlösung als Reagenz bei mikrosk.-physiol. Unters. [Bot. Zeitg. 1859, pag. 21 ff.]. — Radlkofer, Ueber Krystalle proteïnartiger Körper. Lpz. 1859, pag. 1 ff. — Sachs, Ueber einige neue mikrosk.-chem. Reactionsmeth. [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. XXXVI, 1859, pag. 9 ff.]. — De Bary, Ueber d. Bau u. d. Wesen der Zelle [Flora 1862, pag. 243—251]. — Sachs, Mikrochem. Unters. [Flora 1862, pag. 297 ff.]. — Schultze, Ueber d. Bau d. Nasenschleimhaut [Abh. d. naturf. Gesellsch. zu Halle, Bd. VII, 1863, pag. 92]. Sachs, Zur Keimungsgesch. d. Gräser [Bot. Zeitg. 1862, pag. 145 ff.]. — Sachs, Z. Keimungsgesch. d. Dattel [ebendaselbst, pag. 241 ff.]. — Schultze, D. Protoplasma d. Rhizopoden u. d. Pflanzenzellen. Lpz. 1863, pag. 39 ff. — Cienkowsky, Zur Entwicklungsgesch. d. Myxomyceten [Pringsheim's Jahrb., Bd. III, 1863, pag. 325 ff.]. — Cienkowsky, D. Plasmodium [ebendaselbst, pag. 400 ff.]. — Sachs, Beiträge z. Physiolog. d. Chlorophylls [Flora 1863, pag. 193 ff.]. — Sachs, Ueber d. Keimung d. Samens von *Allium Cepa* [Bot. Zeitg. 1863, pag. 57 ff.]. — Sachs, Ueber d. Stoffe, welche d. Material z. Aufbau d. Zellhäute liefern [Pringsheim's Jahrb., Bd. III, 1863, pag. 185 ff.]. — Kühne, Unters. über d. Protoplasma. Leipz. 1864. — De Bary, D. Mycetozoën. Leipz. 1864, pag. 41 ff. — Sachs, Handb. d. Experimentalphysiol. d. Pfl. Leipz. 1865, pag. 309 ff. — De Bary, Morph. u. Physiol. d. Pilze, Flechten u. Myxomyc. Leipz. 1866, pag. 103 f. — Nägeli u. Schwendener, Mikrosk. pag. 529 ff. — Hanstein, Ueber d. Organe d. Harz- u. Schleimabs. an d. Laubknospen [Bot. Zeitg. 1868, pag. 697 ff.]. — Dippel, Mikrosk. Bd. II. Brschwg. 1869, pag. 9—18. — Schröder, Beitr. z. Kenntn. der Frühjahrsperiode des Ahorn

[Pringsheim's Jahrb., Bd. VII, 1869, pag. 283, 314, 325]. — Sachs, Lehrb. pag. 39 ff. — Strasburger, Studien über Protoplasma. Jena 1876. — Tangl, D. Protoplasma d. Erbse [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. LXXVI, 1877, Decemberheft, Bd. LXXVIII, 1878, Juniheft]. — Treub, Quelques rech. sur le rôle du noyau dans la divis. des cellules végét. Amsterd. 1878. — Behrens, D. Nect. d. Blüten [Flora 1879 a. v. O.]. — Schmitz, Unters. über Structur d. Protopl. u. d. Zellkerne d. Pflzellen [Sitzungsber. d. niederrh. Gesellsch. zu Bonn, 1880, pag. 159 ff.]. — Strasburger, Zellbildung u. Zelltheilung. Jena 1880 a. v. O. — Johow, Unters. über d. Zellkern der höheren Monokot. Bonn 1880. — Hanstein, D. Protopl. als Träger d. pflanzl. u. thier. Lebensverricht. Heidelbg. 1880. — Reinke, Studien über Protoplasma. Berlin 1881. — Tangl, Ueber offene Commun. zwischen d. Zellen d. Endosp. einiger Samen [Pringsheim's Jahrb. Bd. XII, 1881, pag. 170 ff.]. — Detmer, D. Wesen d. Stoffwechselprocesse im veget. Organismus [ebendaselbst pag. 253 ff.]. — Poulsen, Botan. Mikroch. pag. 52 f. [Uebers. pag. 63][144]).

Die functionirenden Proteïnstoffe, Protoplasma [Plasma] und Zellkern, finden sich in allen lebenden Zellen und sind wegen dieses ständigen Vorkommens auch allgemein bekannt. Es sollen deshalb diese Stoffe hier nur ganz kurz charakterisirt werden. — Sie erfüllen entweder die Zelle und besitzen keine constante Gesammtgestalt [Protoplasma] oder die letztere ist vorhanden und sie sind [im Protoplasma gelegen] localisirt und von einem zarten Häutchen umgeben [Zellkern]. Nicht immer ist das Protoplasma an von Zellstoffhüllen umgebene Zellen gebunden, es kann auch als solches lebensfähig existiren [Amöben, Plasmodien der Myxomyceten, Schwärmsporen etc.]. Es zeigt häufig — frei oder in Zellen — eigenthümliche Bewegungserscheinungen. Selten stellt es eine hornartig-harte Masse dar [ruhende Samen], meist ist es von grösseren oder geringeren Quantitäten Wasser durchdrungen und dann plastisch-weich, einer Flüssigkeit häufig sehr ähnlich. In ihm finden sich fast immer kleine oder sehr kleine Körnchen [Fetttröpfchen], wodurch es ein granulirtes Aussehen erhält. Der Protoplasmaleib ist äusserlich gewöhnlich von einer festeren, hyalinen, körnchenfreien Schicht [Hautschicht] umgeben. Chemisch ist das Protoplasma zusammengesetzt erstlich aus häufig prävalirenden Eiweissstoffen, sodann aus einer grossen Zahl anderer organischer Verbindungen [Sachs, Reinke und Rodewald],

---

[144]) Eine vollständige Literaturzusammenstellung über diesen Gegenstand ist geradezu unmöglich; in der vorliegenden sind nur diejenigen Abhandlungen berücksichtigt, die mikroskopische Reactionsmethoden besprechen. Alle anderen, z. B. alle diejenigen, welche über die Bewegungserscheinungen des Protoplasma handeln, sind nicht aufgeführt worden.

endlich aus einer kleinen Menge anorganischer, unverbrennlicher Verbindungen. — Nicht selten finden sich im Protoplasma längere Zeit oder vorübergehend andere Stoffe, die später entweder zur Bildung der Zellhäute verwandt werden [Zellstoffbildner, Sachs] oder die als Secretionsstoffe ausgeschieden werden [Metaplasma, Hanstein]. — Der Zellkern, der, wie durch neuere Untersuchungen Strasburger's, Treub's, Hanstein's, Schmitz' u. A. festgestellt ist, bei der Theilung von Zellen eine wichtige Rolle spielt, besteht aus mehreren Formelementen, worüber man die genannten Autoren vergleiche.

Alle nachstehend aufgeführten Reactionen beziehen sich sowohl auf Protoplasma wie auf Zellkern, da in beiden Eiweisssubstanzen vorwalten. Beide sollen jedoch aus praktischen Gründen getrennt besprochen werden, wobei zu bemerken ist, dass bei dem Zellkern eine Wiederholung der beim Protoplasma angegebenen Reactionsmethoden nicht stattfindet.

A. Protoplasma, Epiplasma, Metaplasma.

1. Protoplasma im engeren Sinne. Wasserentziehende Stoffe, wie absoluter Alkohol, concentrirtes Glycerin, Kochsalzlösung entziehen dem Protoplasma Wasser und bringen dadurch eine Schrumpfung [Contraction] desselben zuwege. Es zieht sich in Folge davon von der Zellhaut zurück, nimmt dabei gewöhnlich eine unregelmässige Contour an. Absoluter Alkohol, Osmiumsäure und Pikrinsäurelösung tödten es zugleich und lassen es erstarren, je schneller diese Erstarrung stattfindet, z. B. in siedendem Alkohol, desto besser bewahrt es seine ursprüngliche Structur [Strasburger, cfr. pag. 148]. Kochsalzlösung tödtet das geschrumpfte Protoplasma nicht; eine so behandelte Zelle ist plasmolysirt. Durch Alkohol contrahirtes Plasma scheint in Säuren und verdünnten Alkalien weit weniger löslich zu sein als frisches [v. Mohl].

Eine eigenthümliche Eigenschaft des todten Protoplasmas ist die Fähigkeit, eine grosse Reihe von Farbstoffen in sich aufzuspeichern. Lebendes Plasma besitzt diese Fähigkeit nicht, wie schon Th. Hartig nachwies, indem er Algen, Lemnen, Characeen, *Hydrocharis* in Carminlösungen wachsen liess. Das Wachsthum wird durch den Farbstoff nicht merklich inhibirt, Protoplasma und Zellkern nehmen jedoch nicht die geringsten Spuren des Pigmentes auf [145]). — Uebrigens kommt dem Zellkern die Fähigkeit der Farbstoffaufspeicherung in viel höherem

[145]) Hartig in Bot. Zeitg. 1854, pag. 576, 877.

Maasse zu als dem Protoplasma. Von Farbstoffen können empfohlen werden Grenacher's Carmin [cfr. pag. 259] und die meisten übrigen Carminlösungen, sowie Cochenilleextract [cfr. pag. 256]. Die resistentere Grenzschicht, die Hüllschicht des Plasma verhält sich jedoch meist den Farbstoffen gegenüber negativ [146]). Hanstein'sche Anilinlösung wird vom Protoplasma in unveränderter Form, blau-violett aufgesogen. Jod wird aus den bekannten Lösungen [Jodjodkalium, Chlorzinkjod, Jodglycerin, Jod und Schwefelsäure] in gelben oder braunen Farbentönen aufgenommen. Die braunen Töne sind die häufigsten, in vielen Fällen sind sie sehr dunkel.

Die Alkalien verhalten sich dem Protoplasma gegenüber je nach ihrer Concentration verschieden, dieses gilt hauptsächlich von Kali- oder Natronlauge, deren Wirkung im übrigen die gleiche ist. Concentrirte Kalilösung lässt das Protoplasma ganz unverändert, sie löst es weder noch macht sie es quellen. M. Schultze [147]) hat daher starke Kalilauge als Einlegemittel für Protoplasma-Präparate empfohlen. Verdünnte Kalilauge hingegen macht das Protoplasma erst durchsichtig und löst es sehr bald vollständig auf. Auch concentrirte Ammoniakflüssigkeit erhellt es sehr bald und löst es, häufig jedoch erst nach mehreren Stunden vollständig.

Concentrirte Mineralsäuren verhalten sich meist lösend, z. B. concentrirte Schwefelsäure. Diese Säure färbt gewöhnliches Protoplasma nicht, ist es aber wasserarm, so wird es damit rosenroth bis braun. Schwefelsäure mit concentrirter Zuckerlösung färbt jedes Protoplasma rosenroth, und zwar ist dieses Reagenz ziemlich empfindlich. Man legt das zu prüfende Präparat zuerst in die Zuckerlösung, deckt ein Deckgläschen auf und lässt die Säure vom Rande aus zufliessen. — Phosphorsäure verändert das Protoplasma wenig, Essigsäure macht es undurchsichtig. — Salpetersäure, warm oder kalt angewandt, färbt es gelb oder braun unter Bildung von Xanthoproteïnsäure [cfr. pag. 322], setzt man dann Kali oder Ammoniak zu, so bilden sich die betreffenden xanthoproteïnsauren Salze, welche durch kräftigere, meist braune Färbungen ausgezeichnet sind.

Millon'sches Reagenz färbt das Protoplasma ziegelroth, doch ist es im ganzen wenig empfindlich. — Indol mit Schwefelsäure färben es schwach rosenroth [Niggl; ob immer?].

---

[146]) Tangl in Pringsheim's Jahrb., Bd. XII, pag. 174.

[147]) M. Schultze in Abhandl. d. naturf. Gesellsch. z. Halle, Bd. VII, pag. 92 f.

Kupfersulfat mit Kali [Methode pag. 309 f.] färben alle Eiweissstoffe violett, welche Färbung durch fortgesetztes Kochen nicht verändert wird. Bei auffallendem Lichte ist sie gleichförmig dunkelviolett, bei durchfallendem spielt sie dagegen mehr ins Weinrothe [148]).

Die Plasmodien der Myxomyceten [149]) werden durch Zucker mit Schwefelsäure und das Millon'sche Reagenz rosenroth, mit Jod gelb; Alkohol und Salpetersäure bewirken Gerinnung, in Essigsäure wird die Substanz blass und durchsichtig, sie zerfliesst in verdünnter Kalilauge, ebenso in Kaliumcarbonat, welches zuerst oft etwas schrumpfend wirkt. Alkohol, Glycerin, Chlorzinkjod, verdünnte Chromsäure lassen die Randschicht anfangs unverändert, der übrige Theil des Plasmodiums contrahirt sich hingegen schnell.

2. Epiplasma. Mit diesem Namen bezeichnet De Bary [150]) das protoplasmatische Residuum in den Sporenschläuchen der Askomyceten, welches noch vorhanden ist, nachdem sich die Sporen gebildet haben. Es besitzt stärkeres Lichtbrechungsvermögen als das gewöhnliche Protoplasma, hat ein eigenthümliches, homogen-glänzendes Aussehen und ist sehr empfindlich gegen Jodlösungen, selbst sehr verdünnte, mit denen es sich schön roth- bis violettbraun färbt.

3. Metaplasma. Unter dieser von Hanstein eingeführten Bezeichnung [151]) versteht man Protoplasma, in dem beträchtliche Mengen von Kohlehydraten, in erster Linie amyloïdartige Stoffe enthalten sind, die in früherer oder späterer Zeit von demselben wieder ausgeschieden, zum Aufbau der Zellwände oder als Secrete verwandt werden. Bei manchen Secretionsorganen treten in dem Metaplasma die Eiweissstoffe so in den Hintergrund, dass sie durch die gebräuchlichen Reagentien nur schwierig nachgewiesen werden können [152]). Im übrigen sind die Eiweissstoffe durch die vorhin beschriebenen Reactionsmethoden in demselben nachweisbar. Eigenthümlich verhält sich das Metaplasma dem Hanstein'schen Anilingemisch gegenüber, wie schon Hanstein l. c. angegeben hat. Es färbt sich mit demselben nicht wie gewöhnliches Protoplasma, blauviolett, sondern scharlachroth [153]); zuweilen ist

---

[148]) Sachs in Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. XXXVI, pag. 9.
[149]) De Bary, d. Mycetozoën, pag. 41 f.
[150]) De Bary, Morph. u. Physiol. d. Pilze, Flechten u. Myxomyc. pag. 103 f.
[151]) Hanstein in Botan. Zeitg. 1868, pag. 710.
[152]) Behrens in Flora 1879, pag. 444 ff.
[153]) Hanstein, l. c., Taf. XI, Figg. 17, 23.

diese Färbung mehr fuchsroth, wenn nämlich in demselben Gerbstoffe [s. u.] vorhanden sind.

B. Zellkern.

Der Zellkern liefert, wie hervorgehoben wurde, dieselben Reactionen wie die übrigen Proteïnstoffe. Schon seit längerer Zeit wendet man auf denselben ausserdem noch eine Anzahl histologischer Reagentien an, welche den Zweck haben, ihn selbst und seine so lange unklar gebliebenen feineren und feinsten Structurverhältnisse deutlich zu machen. Diese Reagentien sind zumal seit den epochemachenden Untersuchungen Strasburger's wieder in Gebrauch. Die ungemeine Rührigkeit auf dem Gebiete des Kernstudiums in der neueren Zeit hat eine grosse Anzahl derartiger Reagentien zu Tage gefördert; wir können daher im folgenden nur wenige der wichtigsten namhaft machen, dürfen im übrigen aber auf die betreffenden Werke verweisen, die ohnehin von jedem Pflanzenanatom, der einigermassen in den Tagesfragen bewandert sein will, studirt werden müssen.

Hartig versuchte zuerst eine Kerntinction, er wandte eine Carminlösung in Wasser an, welche an der Luft Ammoniak angezogen hatte, er setzte ihr einige Tropfen metallisches Quecksilber oder Jodlösung zu, um sie haltbar zu machen [154]), Er fand weiterhin [155]), dass sich der Zellkern mit salpetersaurem Silber unter Lichteinwirkung fast schwarz färbt, und dass er, zuerst in eine verdünnte Lösung von Blutlaugensalz gelegt, dann sorgfältig ausgewaschen und mit verdünnter Eisenchloridlösung behandelt, sich tief blau färbe. Wende man aber Berlinerblau direct an, so werde der Zellkern nicht blau, sondern blass- und schmutzig-röthlich. — Rechnen wir noch hinzu, dass man wusste, dass Zellkerne in Essigsäure deutlich hervortreten, zum Theil überhaupt erst sichtbar werden, dass sie aber bei Anwendung concentrirterer Säure Quellung zeigen, so haben wir damit ungefähr die histologischen Kernreagentien der älteren Autoren erschöpft.

In neuerer Zeit bezweckt man durch Anwendung der Kernreagentien hauptsächlich zweierlei: 1) Fixirung der Kernstructuren, 2) Sichtbarmachung derselben durch Tingirung des Kernes. Wir betrachten beide besonders.

A. Fixirung der Kernstructuren. Die Fixirung geschieht durch sehr verdünnte organische oder anorganische Säuren. Durch fast

---

[154]) Hartig in Bot. Zeitg. 1854, pag. 877.

[155]) Hartig, l. c., pag. 878.

alle erfolgt die Fixirung sehr schnell, so dass also die Präparate nur kurze Zeit in ihnen zu verweilen brauchen. Sehr gut wirkt Essigsäure [Strasburger, Flemming], die höchstens einprocentig sein soll; sie bringt dann keine Schrumpfung der Kerne zuwege, es treten die Stranggerüste des Kerns sehr deutlich hervor. Bei Anwendung stärkerer Säure werden sie sehr bald wieder undeutlich indem sie quellen. An Stelle der Essigsäure kann man auch Ameisensäure verwenden [Retzius]. — Für andere Fälle leistet Chromsäure, $^1/_6$- bis $^1/_2$procentig, vortreffliche Dienste, bisweilen kann sie auch stärker, einprocentig sein [156]). Auch Pikrinsäure wird in verschiedenen Verdünnungsgraden angewandt. Salpetersäure oder Pikrin-Schwefelsäure sind weniger empfehlenswerth, da sie stärkere Schrumpfung veranlassen, die Präparate werden viel weniger schön als in Chromsäure. Dagegen ist Osmiumsäure ein vorzügliches Fixirungsmittel, sie wird einprocentig angewandt [157]). Sie bewirkt zwar in manchen Fällen einige Quellung, macht aber die Kernstructuren sehr deutlich. Strasburger wendet sie z. B. an, um Kerntheilungen bei Pollenmutterzellen zu verfolgen. Er entleert die Pollensäcke in dreiproc. Zuckerlösung und fügt einen Tropfen einproc. Osmiumsäure zu. Alle Verhältnisse treten nach einigen Minuten scharf hervor [158]). Flesch [159]) hat eine Mischung von Chromsäure und Osmiumsäure zu gleichem Zwecke vorgeschlagen, nach Flemming fixirt dieselbe auch sehr gut, die Structuren erscheinen aber blass, und die Tinctionen sind schwierig. Dieser Uebelstand fällt aber nach Flemming [160]) fort, wenn man dem Gemisch noch etwas Essigsäure zusetzt. Dann gelingen Tinctionen mit Hämatoxylin, Pikrocarmin und Gentiana sehr schön. Flemming's Mischung besteht aus Chromsäure 0·25 Proc., Osmiumsäure 0·1 Proc., Eisessig 0·1 Proc., in destillirtem Wasser.

B. Kerntinctionen. Sind durch Anwendung dieser Mittel die Kernstructuren fixirt resp. deutlich geworden, so schreitet man zur Färbung des Kerns. Dieses kann geschehen durch Anilinfarbstoffe [pag. 250 ff.], Hämatoxylin [pag. 255], Cochenilleauszüge [pag. 256] oder Carminlösungen [l. c.]. Am empfehlenswerthesten sind folgende

---

[156]) Strasburger, Zellbildung u. Zelltheilung, pagg. 172, 173 etc.

[157]) Strasburger, l. c., pag. 39 und anderwärts.

[158]) Strasburger, l. c., pag. 21. — Zu gleichem Zwecke hatte früher Hartig [Bot. Unters., herausgeg. v. Karsten, 1866, Heft 3, pag. 249] Pollenkörner mit Carminglycerin behandelt [12 bis 24 Stunden lang].

[159]) Flesch in Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. XVI, pag. 300.

[160]) Flemming, Zellsubstanz, Kern u. Zelltheilung. Lpz. 1882, pag. 381.

[die Darstellung der Tinctionsmittel ist bereits früher l. c. auseinandergesetzt]:

1. Tinction mit Borax-Carmin [Strasburger][161]). Die Schnitte brauchen gewöhnlich nur kurze Zeit in dem pag. 258 beschriebenen Gemisch zu liegen. Ueber Beobachtung und Aufbewahrung sehe man l. c.

2. Tinction mit Beale'schem Carmin [Strasburger]. Für Fadenalgen empfohlen worden. Näheres cfr. pag. 258.

3. Tinction mit essigsaurem Carmin [Flemming]. Diese Flüssigkeit eignet sich nur für frische Schnitte, welche bisweilen aber sehr schön darin werden sollen.

4. Tinction mit Pikrocarmin [Flemming, Treub]. Gleich empfehlenswerth für Thier- und Pflanzenpräparate. Der Schnitt darf nur sehr kurze Zeit in der Färbflüssigkeit liegen. Aufbewahrung in Glycerin.

5. Tinction mit Hämatoxylin [Frey, Strasburger, Flemming]. Für dieses Tinctionsmittel sind besonders Schnitte zu empfehlen, welche in Osmiumsäure fixirt sind und frisch ausgewaschen wurden; alsdann nehmen sie den Farbstoff gut auf. Haben sie längere Zeit in Alkohol gelegen, so gelingen hingegen die Färbungen nur schlecht. Man färbt in stärkeren Lösungen oder in verdünnten, im letzten Falle längere Zeit [24 bis 48 Stunden]. Ueberfärbte Präparate werden mit Alaun oder verdünnter Salzsäure heller gemacht, im letzteren Falle zeigen die Kerne meist schwache Quellung. Man verwendet die von Frey angegebene Hämatoxylinlösung oder eine neuerdings von Grenacher[162]) empfohlene.

6. Pikrinsäure-Hämatoxylintinction [Schmitz][163]). Diese, wie ich aus eigener Erfahrung bestätigen kann, ganz vorzügliche Methode beschreibt Schmitz folgendermassen: Die frischen Pflanzentheile, resp. Schnitte, werden in eine concentrirte Lösung von Pikrinsäure gebracht und bleiben bald kürzere, bald längere Zeit, selbst über Nacht darin. In dieser Pikrinsäurelösung erhärtet das Protoplasma sofort.

---

[161]) Strasburger, l. c., pag. 9.

[162]) Man stellt eine gesättigte Lösung von krystallisirtem Hämatoxylin in absolutem Alkohol dar und eine gleiche von Ammoniakalaun in Wasser. Von ersterer werden 4 cc mit 150 cc der letzteren vermischt. Man lässt eine Woche lang am Lichte stehen, filtrirt und setzt 25 cc Glycerin und 25 cc Methylalkohol zu. Nachdem sich darauf alle freiwilligen Niederschläge abgesetzt haben, ist das Reagenz zu verwenden.

[163]) Schmitz in Sitzungsber. der niederrhein. Gesellsch. zu Bonn, 1880, pag. 160.

Bei längerem Verweilen in der Lösung ziehen sich die Plasmatheile der Zelle allerdings ein Wenig zusammen, allein das ist ja in vielen Fällen für die Untersuchung gerade sehr vortheilhaft. Dann aber erreicht man dadurch auch den Vortheil, dass nun die Zellmembran viel besser durchsichtig wird für die Färbungsmittel des Plasma, ohne selbst Farbstoff einzulagern. — Als Färbungsmittel für Plasmakörper aber verwende ich jetzt fast stets Hämatoxylin in wässeriger Lösung ohne Alaunzusatz. Ich lege die Objecte, die durch wiederholtes Auswaschen in Wasser sorgfältig von jeder Spur von Pikrinsäure befreit sein müssen, in Wasser und setze eine kleine Quantität von Hämatoxylin, das an der Luft Ammoniak angezogen und sich theilweise in Hämateïn-Ammoniak verwandelt hat, hinzu. In reinem Wasser löst sich der Farbstoff rasch mit rother Farbe auf und giebt eine Lösung, die allmählich nachdunkelt und nach einiger Zeit sich zersetzt. Nach einigem Verweilen [eine bis mehrere Stunden] in dieser Lösung, deren Concentrationsgrad je nach dem speciellen Zweck ausgewählt werden muss, werden die gefärbten Objecte herausgenommen und in reinem Wasser so lange ausgewaschen, bis das Wasser farblos bleibt. Alsdann sind an den Objecten je nach der Menge des angewandten Farbstoffs und der Länge der Einwirkung desselben [diese müssen in jedem Falle ausprobirt werden], entweder nur die Chromatinkörper der Zellkerne blau gefärbt, oder diese und die übrige Substanz der Zellkerne, sowie etwa vorhandene dichtere Plasmakörper, wie z. B. die Krystalloïde, oder sämmtliche Plasmabestandtheile der Zellen in mehr oder weniger intensivem Grade; sämmtliche Zellmembranen, Stärkekörner, Oeltropfen und Krystalle aber bleiben fast farblos. Die Farbe hält sich an den Präparaten in Glycerin vortrefflich. Nur muss man sich aufs äusserste hüten, dass auch nicht eine Spur freier Säure an das Präparat gelange. Die geringste Menge von Säure zerstört unfehlbar in einiger Zeit die Farbe und macht in unangenehmster Weise die werthvollsten Präparate unbrauchbar.

7. Tinction mit Methylgrün [Strasburger, Fromann, Flemming]. Strasburger[164]) wendet eine einprocentige Essigsäure an, welche er mit Methylgrün versetzt [empfohlen von Meyzel]. Um z. B. Kernfiguren in Pollenmutterzellen zu sehen, bringt er in die essigsaure Methylgrünlösung junge Antheren und zersprengt sie durch Druck. Der herausgetretene Inhalt wird durch die Essigsäure sofort fixirt und die Kernfiguren werden durch das Methylgrün schön tingirt. — Leider halten sich so dargestellte Präparate nicht lange.

---

[164]) Strasburger, l. c., pag. 141.

8. Tinctionen mit anderen Anilinfarbstoffen. Unter den vielen, hier empfohlenen Stoffen mögen Saffranin, Dahlia, Gentianaviolett, letzteres mit Essigsäure, angeführt werden, welche schöne Färbungen liefern. — Zumal die Anilinpräparate sollen sich am besten in Dammaralack oder Canadabalsam halten; sie schrumpfen aber, wenn man sie zu dem Zwecke vorher in Nelkenöl legte. Flemming [165]) empfiehlt daher Einschluss in verharztem Terpentinöl und vorheriges Einlegen in verdünnten, dann in absoluten Alkohol, zu dem man das Terpentinöl allmählich mischen kann.

* * *

Unter den Ueberschriften III, IV, V, VI, VII, VIII und IX haben wir diejenigen häufig vorkommenden Inhaltstoffe von Zellen abgehandelt, welche farblose Flüssigkeiten sind oder solchen sehr ähnlich sehen. Wie bei den festen Gerüststoffen der Zellen [cfr. pag. 301], so stellen wir auch bei ihnen die vorzüglichsten Reactionen zu ihrer Identificirung tabellarisch zusammen [pag. 343].

X. Chlorophyll, Blattgrün.

Literatur: v. Mohl, Vermischte Schr. Tüb. 1845, pag. 352 ff. [Unters. über d. anat. Verhalten d. Chlorophylls]. — v. Mohl, Ueber d. Bau d. Chloroph. [Bot. Zeitg. 1855, pag. 89 ff.]. — Böhm, Beitr. z. näheren Kenntn. d. Chl. [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. XXII, 1857, pag. 479—512]. Gris, Recherch. microsc. sur la chl. [Ann. des sc. nat., 4e sér., t. VII, 1857, pag. 179—219]. — Hartig, Entwicklungsgesch. d. Pflkeims. Leipzig 1858, pag. 79—82. — Morren, Diss. sur les feuilles vertes et colorées. 1858. — Sachs, Ueber d. Ergebnisse einig. neu. Unters. über d. Chl. [Flora 1862, pag. 129 ff.]. — Sachs, Ueber d. Einfl. d. Lichtes auf d. Bild. d. Amylums in d. Chlkörnern [Bot. Zeitg. 1862, pag. 364 ff.]. — Sachs, Beitr. z. Physiologie d. Chl. [Flora 1863, pag. 193 ff.]. — Sachs, Ueber d. Auflös. u. Wiederbild. d. Amylums in d. Chlk. [Bot. Zeitg. 1864, pag. 289 ff.]. — Sachs, Handb. d. Experimentalphys. d. Pfl. Lpz. 1865, pagg. 309 ff., 313 ff. — Nägeli u. Schwendener, Mikrosk. Lpz. 1867, pag. 496 ff. — Micheli, Quelq. obs. sur la matière col. de la chl. [Arch. d. sc. d. la biblioth. univ. de Genève. Mai 1867]. — Dippel, Mikrosk., Bd. II, pag. 32 ff. — Kraus, G., Einige Beob. über d. Einfl. d. Lichtes u. d. Wärme auf die Entsteh. d. Stärkeerzeugung im Chloroph. [Pringsheim's Jahrb., Bd. VII, 1870, pag. 511 ff.]. — Wiesner, Chl. in Neottia Nidus-avis betr. [Bot. Zeitg. 1871, pag. 619]. — Kraus, G., Z. Kenntn. d. Chlorophyllfarbst. u. ihrer Verwandten. Stuttg. 1872. — Wiesner, Unters. über d. Farbstoffe einiger für chlorophyllfrei gehaltenen Phanerog. [Pringsheim's Jahrb., Bd.

[165]) Flemming, l. c., pag. 384.

Tabellarische Zusammenstellung der wichtigsten Reactionen a. d. flüssigen Zellinhaltsstoffe.

		Jod-reagentien.	*Kupfersulfat und Kali.*	*Salpeter-säure.*	*Millon'sches Reagenz.*	*Hanstein's Anilin.*	*Alkohol.*	*Allgemeines Aussehen.*	
1.	**Dextrin.**	—	rother Niederschlag.	—	—	—	unverändert.	homogene Flüssigkeiten.	1.
2.	**Inulin.**	ungefärbt.	—	gelöst.	ungefärbt.	ungefärbt.	schlägt Sphärokrystalle nieder.		2.
3.	**Traubenzucker.**	—	rother Niederschlag.	—	—	—	unverändert.		3.
4.	**Rohrzucker.**	—	blaue Flüssigkeit.	—	—	—	unverändert.		4.
5.	**Pflanzenschleime.**	blau, violett oder gelb.	?	gelöst (liefern Oxalsäure).	—	röthlich oder roth, jedoch nicht alle.	werden flockig oder gallertartig gefällt.	gallertige Flüssigkeiten.	5.
6.	**Gummi.**	ungefärbt.	blauer, flockiger Niederschlag.	gelöst (liefern Schleimsäure).	—	ungefärbt (selten violett?)	werden meist flockig oder gallertartig gefällt.		6.
7.	**Proteïnstoffe.**	gelb, braun selten rothbraun.	violett.	braun.	ziegelroth.	purpurn-violett.	werden coagulirt resp. contrahirt	körnige, plastische Substanzen.	7.

VIII, 1872, pag. 575 ff.]. — Kraus, G., Einige Bemerk. über die Erscheinung d. Sommerdürre unserer Baum- und Strauchblätter [Bot. Zeitg., 1873, pag. 401 ff.]. — Briosi, Ueber normale Bild. v. fettart. Subst. im Chl. [ebendaselbst, pag. 529 ff.]. — Drude, D. Biol. v. Neottia Nidus-avis u. Monotropa hyp. Göttingen 1873. — Kraus, C., Ueber d. Ursache d. Färbung d. Epidermis vegetat. Organe d. Pfl. [Flora 1873, pag. 316 ff.]. — Treub, Z. Chlorophyllfrage [ebendaselbst, 1874, pag. 55 f.]. — Wiesner, Bemerk. über d. angebl. Bestandth. des Chl. [ebendaselbst, pag. 278 ff.]. — Prillieux, Sur la color. et le verdiss. du Neottia Nidus-avis [Ann. des sc. nat., 5e sér., t. XIX, 1874, pag. 109 ff.]. — Batalin, Ueber d. Zerst. d. Chloroph. in d. leb. Organen [Bot. Zeitg., 1874, pag. 433 ff.]. — Wiesner, Vorl. Mitth. über d. Einfl. d. Lichtes auf Entsteh. u. Zerstör. d. Chl. [ebendaselbst, pag. 116 ff.]. — Sachs, Lehrb., pag. 47 ff. — Wiesner, Welche Strahlen des Lichtes zerlegen bei Sauerstoffzutritt d. Chloroph.? [Poggendorff's Annalen, Bd. CLII, 1874, pag. 496 ff.]. — Pringsheim, Ueber d. Absorptionsspectra d. Chlorophyllfarbst. [Monatsber. k. Acad. Berlin, 1874, pag. 628—659]. — Pringsheim, Ueber d. natürl. Chlorophyllmodificationen etc. [ebendaselbst, 1875, pag. 745—759]. — Askenasy, Ueber d. Zerstör. d. Chl. leb. Pfl. durch d. Licht [Bot. Zeitg., 1875, pag. 457 ff.]. — Haberlandt, Ueber d. Einfl. d. Frostes auf d. Chlk. [Oesterr. Bot. Zeitschr., 1876, pag. 249 ff.]. — Haberlandt, Ueber d. Entsteh. d. Chl. in d. Keimbl. v. *Phaseolus* [Bot. Zeitg., 1877, pag. 361 ff.]. — Sachsse, Chem. u. Phys. d. Farbstoffe, Kohlehydrate etc. Lpz. 1877. — Dippel, Einige Bemerk. über d. Gemength. d. Chlorophylls etc. [Flora 1878, pag. 17 ff.]. — Hoppe-Seyler, Uber d. Chloroph. d. Pfl. [Bot. Zeitg. 1879, pag. 815 ff.]. — Pringsheim, Ueber d. Lichtwirk. u. Chlorophyllfunction in d. Pfl. [Bot. Zeitg., 1879, pag. 789 ff.]. — Pringsheim, Ueber Lichtwirk. u. Chlfunction in d. Pfl. [Monatsber. k. Acad. Berlin, 1879, Juli 17 pp.]. — Pringsheim, Ueber d. Hypochlorin u. d. Bedingungen s. Entst. in d. Pfl. [ebendaselbst, 1879, November, 21 pp.]. — Flahault, Sur la présence de la mat. verte dans les org. actuellem. soustraits à l'infl. de la lum. [Bull. de la Soc. bot. de France, t. XXVI, 1879, pag. 249 ff.]. — Pringsheim, Z. Kritik d. bisherig. Grundlagen d. Assimilationstheorie d. Pfl. [Monatsber. d. k. Acad. Berlin, 1881, pag. 117—135]. — Pringsheim, Ueber d. primäre Wirk. d. Lichtes auf. d. Veget. [ebendaselbst, pag. 504—535]. — Pringsheim, Ueber Lichtwirk. u. Chlfunct. in d. Pfl. [Pringsheim's Jahrb., Bd. XII, 1881, pag. 288 ff.]. — Hansen, Gesch. d. Assimilationstheorie u. Chlorophyllfunction. Lpz. 1882 [auch Arb. Bot. Inst. Würzbg., Bd. II, Heft 4]. — Tschirch, Unters. über d. Chloroph. [Botan. Centralbl., Bd. XI, 1882, pag. 107 ff.]. — Wiesner, Bemerk. über d. Natur d. Hypochlorins [ebendaselbst, Bd. X, 1882, pag. 260 ff.]. — Pringsheim, Ueber Chlorophyllfunct. u. Lichtwirk. in d. Pfl. [Pringsheim's Jahrb., Bd. XIII, Heft 3; 116 pp.]. — Schimper, Ueber d. Gestalten d. Stärkebildner und Farbkörper [Botan. Centralbl., Bd. XII, 1882, pag. 175 ff.]. — Meyer, Ueber Chlorophyllk., Stärkebildner u. Farbk. [ebendaselbst, pag. 314 ff.].

Spectroskopisches Verhalten des Chlorophylls: Brewster, On the colour of natural bodies [Transact. Roy. Soc. of Edinburgh, t. XII, 1834, pag. 538 ff.].

— Ångström, Ueber d. grüne Farbe d. Pfl. [Poggendorff's Annalen, Bd. XCIII, 1854, pag. 475 ff.; auch Ofversigt af K. Ventesk. Akad. Förhandl., 1853, pag. 246 ff.]. — Stockes, Ueber d. Veränd. d. Brechbark. d. Lichtes [Poggendorff's Ann., Ergänzungsbd. IV, 1854, pag. 217—228]. — Harting, Ueber d. Absorptionsvermögen d. reinen und unreinen Chloroph. für die Strahlen der Sonne [ebendaselbst, Bd. XCVI, 1855, pag. 543 ff.]. — Askenasy, Beitr. z. Kenntn. d. Chl. u. einiger dass. begleit. Farbst. [Bot. Zeitg. 1867, pag. 225 ff.]. — Sorby, On a definite method of qualit. analysis of anim. and vegetable colouring matters by means of the spectrum-microsc. [Proceed. of the Roy. Soc. of Lond., vol. XV, 1867, pag. 433—436]. — Hagenbach, Unters. über d. opt. Eigenschaften des Blattgrüns [Poggendorff's Annalen, Bd. CXLI, 1870, pag. 245—275]. — Gerland et Rauwenhoff, Rech. sur la chlorophylle et quelques-uns de ses dérivés [Arch. néerland., t. VI, 1871, pag. 97 ff.]. — Sorby, Various tints of auctumnal foliage [Quart Journ. of Sci., no. XXIV, Jan. 1871, pag. 64—77]. Kraus, Zur Kenntn. der Chlorophyllfarbstoffe. Spectralanalyt. Unters. Stuttg. 1872. — Sorby, On comparative vegetable chromatology [Proceed. Royal Soc. of Lond., vol. XXI, 1873, pag. 442—483]. — Pringsheim, Ueber d. Absorptionsspectra d. Chlfarbstoffe [Monatsber. d. K. Acad. d. Wiss. Berlin, 1874, pag. 628—659]. — Pringsheim, Ueber natürl. Chlorophyll-modificationen etc. [ebendaselbst, 1875, pag. 745—759]. — Pringsheim, Ueber Lichtwirk. u. Chlorophyllfunction in d. Pfl. [Pringsheim's Jahrb., Bd. XII, 1880, pag. 408 ff.][166]).

Das Chlorophyll oder Blattgrün tritt als Inhaltsstoff von Zellen auf, sehr selten als solcher, d. h. als grünes, gelöstes Pigment [Hildebrand, Weiss, Trécul; die Fälle sind jedoch noch zweifelhaft, weil nicht genauer untersucht], meist an Proteïnstoffe gebunden. Die letzteren bilden gewöhnlich Körner, seltener Schraubenbänder [*Spirogyra*] oder sternartige Gestalten [*Zygnema*]. Sie stellen die farblose Grundmasse dar, welche von dem grünen Farbstoffe überzogen oder durchtränkt ist. Wegen der vorwaltenden Körnchenform derselben spricht man gewöhnlich von Chlorophyllkörnchen. Man kann das Chlorophyll leicht von der Grundmasse trennen [durch Alkohol, Benzol etc., in denen es sich löst], worauf die ungefärbte Grundsubstanz allein zurückbleibt, ohne ihre Gestalt sichtbar zu ändern. Sie besteht wie bemerkt dem grössten Theile nach aus Eiweisssubstanzen, enthält aber auch kleine Mengen von Fetten, Oelen, Gerbsäuren und Zuckerarten. Wie bekannt, sind die Chlorophyllkörner der Heerd der Assimilation; in ihnen bildet sich auf bis jetzt noch un-

---

[166]) Vgl. Anm. 144 a. pag. 334. — Eine vollständige Zusammenstellung der chemischen Literatur über Chlorophyll findet man bei Husemann, l. c., pag. 241 ff.

bekannte Weise aus den Bestandtheilen der Kohlensäure und des Wassers Stärke als erstes sichtbares Assimilationsproduct [in manchen Fällen an Stelle derselben fettartige Substanzen; Sachs, Briosi]. Bis vor kurzem galt eben die Stärke als das erste sichtbare Assimilationsproduct, nach neueren Untersuchungen Pringsheim's soll dasselbe ein ölhaltiger Körper sein, das Hypochlorin, welches durch Salzsäure abgeschieden werden kann und bald krystallinisches Gefüge annimmt; es durchdringt den ganzen porösen, proteïnartigen Gerüstkörper des Kornes. Sachs, Hansen, Tschirch bestreiten die Existenz des Hypochlorins [es soll ein Product der Säurewirkung auf das Chlorophyllkorn sein]; die Acten sind über diesen Gegenstand noch nicht geschlossen. — Dass in den Chlorophyllkörnern die Stärke leicht sichtbar zu machen ist, haben wir bereits früher [pag. 308] auseinandergesetzt.

Bei mikroskopischen Untersuchungen der Chlorophyllkörner wird es sich darum handeln können, entweder die farblose Grundmasse zu studiren oder den Farbstoff selbst, wir werden daher beide nach einander betrachten.

1. Die Grundsubstanz der Chlorophyllkörner.

Die Grundsubstanz lässt sich sowohl an den vom Farbstoff durchdrungenen Körnern, als auch — und zwar viel besser — an den von Chlorophyll befreiten Körnern untersuchen. Zu letzterem Zwecke werden die betreffenden Pflanzentheile oder Schnitte vorher in mindestens 90procentigen Alkohol oder in Aether gelegt, welche den Farbstoff ausziehen und die Objecte daher bleichen. Ein vorheriges Kochen in Wasser, wie es bei der Bereitung der zu untersuchenden Chlorophyllösungen geschieht, ist hier nicht angezeigt, da dadurch die Grundmasse coaguliren würde. Die entfärbten Körner bleiben ziemlich unverändert in den Zellen zurück. Zur Untersuchung eignen sich vornehmlich solche Chlorophyllkörnchen, welche keine Stärke enthalten [z. B. die von *Allium Cepa*, Sachs]; andernfalls erhält man natürlich auch die betreffenden Reactionen auf Stärke [cfr. pag. 303—308]. Zahlreiche Reactionen werden jedoch durch Anwesenheit der Stärke nicht beeinträchtigt.

Von den mikroskopischen Reactionen seien folgende angeführt [167]): Aus essigsaurem Cochenilleauszug [Maschke] speichern die entfärbten Körner den Farbstoff auf und werden ziegelroth; alkoholische

[167]) Meist nach Sachs, Flora 1863, pag. 195 ff.

Jodlösung färbt sie unter Contraction gelb bis dunkelbraun. Legt man Schnitte mit entfärbten Körnern circa eine halbe Stunde lang in eine concentrirte Lösung von Kupfersulfat, wäscht ab und bringt sie in starke Kalilauge, so färben sich die Körner deutlich violett. Bei gleichen Schnitten, die mit Salpetersäure etwas erwärmt, mit Wasser ausgewaschen und mit Kalilösung versetzt wurden, sind die Chlorophyllkörner entweder der Form nach erhalten oder in eine formlose Masse verwandelt; im ersten Falle ist jedes Chlorophyllkorn deutlich orangegelb, im letzten Falle füllt eine orangegelbe, formlose Masse die Zellen. Werden grüne Blätter circa eine Stunde lang in concentrirte Kalilauge gelegt, so bleiben die Chlorophyllkörner unverändert und grün; wäscht man mit Wasser aus, so enthalten die Zellen einen homogenen Schleim, neutralisirt man dann mit Essigsäure und setzt Jodalkohol zu, so erscheinen die Zellen mit feinkörniger, bräunlicher Masse erfüllt. Blieben die Blätter mehrere Tage in dem Kali, so fliessen die Chlorophyllkörner zu einer homogenen Schicht zusammen. Entfärbte Chlorophyllkörner verhalten sich ganz ähnlich, nur sind sie resistenter gegen das starke Alkali als grüne. Ammoniak lässt bei frischen Körnchen die Form deutlich, nur wird die Substanz etwas gelockert und vacuolig; nach dem Auswaschen sind sie fast noch ebenso, grün; neutralisirt man mit Essigsäure und setzt Jodalkohol zu, so erscheinen die Körnchen scharf begrenzt, etwas contrahirt, mit Vacuolen, braun. In anderen Fällen sind sie gegen Ammoniak weniger resistent. Phosphorsäure macht frische Chlorophyllkörnchen gelb, verändert entfärbte nicht; auch gegen Schwefelsäure sind sie sehr resistent, viel resistenter als Protoplasma und Zellkern, sowohl grüne als entfärbte; grüne färben sich in ihr spangrün bis blaugrün. Kalte Essigsäure färbt grüne Chlorophyllkörner hellgelb, lässt aber ihre Form unverändert, beim Kochen darin werden sie grumös.

Aus allen diesen Reactionen geht hervor, dass die Grundsubstanz der Chlorophyllkörner zu den Eiweissstoffen gehört, sie ist ein „protoplasmatisches Gebilde“ [Sachs].

Behandelt man nach Pringsheim[168]) Chlorophyllkörner längere Zeit mit verdünnter Salzsäure [am besten von der Concentration 1 HCl : 4 H_2O], so werden sie gelbgrün, goldgelb oder bräunlich. Nach längerer Zeit [wenigen Stunden] scheiden sich dann an ihrer Peripherie dunkle, röthlichbraune oder rostfarbige, gegen die übrige Substanz des Chlorophyllkornes scharf abgegrenzte Massen aus. Diese werden später deut-

[168]) Pringsheim's Jahrb., Bd. XII, pag. 294 ff.

lich eckig, spitzig und gestalten sich zu mehr oder weniger ausgebreiteten Schuppen oder Nestern von undeutlich krystallinischem Gefüge, aus welchen kantige und spitzige Fortsätze hervortreten. Sie sind Hypochlorin und entsprechen einem Gemenge von öl- und harzartigen Stoffen. In Wasser und verdünnten Säuren sind sie unlöslich, löslich dagegen in Aether, Benzol und Schwefelkohlenstoff, verflüchtigen sich bei circa 50°.

2. Die Chlorophyllfarbstoffe.

Trotz der zahlreichen Untersuchungen über die Chlorophyllfarbstoffe sind dieselben noch nicht genügend bekannt. Es scheint aber nach den neueren Untersuchungen fest zu stehen, dass „Chlorophyll" [Rohchlorophyll Wiesner] aus mindestens einem gelben und einem grünen Farbstoffe [Chlorophyll im engeren Sinne] besteht. Die chemische Zusammensetzung des grünen Farbstoffes ist nach Gautier C = 73·97, H = 9·80, O = 10·33, N = 4·15, Aschenbestandtheile = 1·75. Hiermit stimmen auch die Analysen von Rogalski[169]) im wesentlichen gut überein, während die Anderer sehr abweichend sind. Das eigentliche Chlorophyll ist nach Gautier[170]) ein krystallisirter Körper; er erhielt circa ½ cm lange, klinorhombische Krystalle von weicher Consistenz und intensiv grüner Farbe, welche am Lichte gelbbraun, gelblich oder bräunlich, später ganz farblos werden.

Beim Studium der Chlorophyllfarbstoffe hat man sowohl ihr Verhalten gegen Reagentien als auch das optische [spectroskopische] Verhalten derselben zu prüfen.

A. Verhalten gegen Reagentien.

Rohchlorophyll ist, abgesehen von einem sich in Wasser häufig bildenden, gelben oder grünlichen, in demselben löslichen Zersetzungsproducte[171]), unlöslich in kaltem und siedendem Wasser, sowie in verdünnten Säuren und Alkalien [s. o.]. Löslich dagegen ist es in Alkohol, Schwefelkohlenstoff, Aether und Benzol [Kraus], in manchen Oelen wie in Terpentin [Wiesner]. Um eine alkoholische Lösung des Rohchlorophylls darzustellen, werden nach Kraus[172]) die betreffenden

---

[169]) Cfr. Husemann, l. c., pag. 251.
[170]) Gautier in Comptes rendus, LXXXIX, pag. 861 ff.
[171]) Pringsheim in Monatsber. d. K. Acad. d. Wiss. Berlin 1875, pag. 748.
[172]) Kraus, Chlorophyllfarbstoffe, pag. 23.

Pflanzentheile, also vornehmlich Blätter, in siedendes Wasser gebracht, darin ein- oder mehrmals abgekocht, das Wasser abgegossen und alsdann mit kochendem Alkohol von 95 Procent [spec. Gew. = 0·816] übergossen. Wird ein Alkohol von 83 Procent in der Kälte angewandt, so gehen die in den Pflanzentheilen enthaltenen Fette, das Wachs etc. nicht mit in Lösung [Gautier]. Der alkoholische Rohchlorophyllauszug muss frisch zur Untersuchung verwandt werden; übrigens ist es viel weniger zersetzbar, wenn die Blätter vorher ausgekocht wurden [Stockes, Kraus]; wahrscheinlich wurden durch diese Manipulation Salze und andere verunreinigende Substanzen aus den Blättern entfernt. Die so bereitete Chlorophylllösung ist schön grün und fluorescirt dunkelroth. Sie stellt ein Farbstoffgemisch dar, welches man leicht, wie Kraus [173]) gezeigt hat, in einen grünen und einen gelben Theil zerlegen kann.

Setzt man nämlich zu einem alkoholischen Rohchlorophyllauszug etwa das gleiche Quantum Benzol, schüttelt stark um und überlässt das Gemisch kurze Zeit sich selbst, so trennen sich Alkohol und Benzol wieder, die untere Flüssigkeitsschicht ist der nun gelb gefärbte Alkohol, die obere das nun grün gefärbte Benzol [174]). Durch die Entmischung ist das Rohchlorophyll in einen gelben Alkoholantheil, Xanthophyll [Kraus] und einen grünen Benzolantheil, Kyanophyll [Kraus] geschieden worden. Nach Wiesner [175]) kann man statt des Benzols zur Entmischung auch fette Oele [Leinöl, Nussöl, Mohnöl, Olivenöl], ätherische Oele [Terpentinöl, Rosmarinöl, Gaultheriaöl] oder Schwefelkohlenstoff anwenden.

Kraus und Andere hielten dafür, dass der gelbe Farbstoff [Xanthophyll] und der blaugrüne [Kyanophyll] zusammen „Chlorophyll" darstellten, dass sie also beide Componenten desselben grünen Farbstoffes seien. Nach den Untersuchungen von Pringsheim und Wiesner scheint es jedoch, dass das Kyanophyll von Kraus relativ reines Chlorophyll ist, dass das Xanthophyll von Kraus aber aus gelben Chlorophyllmodificationen besteht, deren Beziehung zum Rohchlorophyll noch nicht festgestellt ist, die aber als solche selbständig in demselben vorkommen.

---

[173]) Kraus, l. c., pag. 87 ff. — Die Einwände, welche Konrad [Flora 1872, pag. 396 f.] macht, beruhen auf flüchtig angestellten Versuchen und wurden bereits von Wiesner [Flora 1874, pag. 284 f.] gebührend zurückgewiesen.

[174]) Ueber das Verhalten des Benzol verschiedenprocentigem Alkohol gegenüber cfr. Pringsheim im Monatsber. K. Acad. Berlin, 1874, pag. 648 f.

[175]) Wiesner in Flora 1874, pag. 282 f.

a) Benzol-Chlorophyll [Kyanophyll, Kraus]. Das durch Benzol aus der Weingeistlösung des Rohchlorophylls herausgeschüttelte „Chlorophyll“ ist schön grün, mit einem deutlichen Stich ins Blaue. Es fluorescirt stark roth, viel stärker als Rohchlorophyllösung, mehr carminroth. Gegen Säuren ist es sehr empfindlich, die geringste Spur reicht hin, die schön grüne Farbe in ein schmutziges Gelbbraun oder Braungrün zu verwandeln [Kraus]. Geschah die Trennung durch Schwefelkohlenstoff oder die oben genannten, fetten und ätherischen Oele, so ist die Lösung sattgrün und fluorescirt stark roth. Eine gesättigte Chlorophylllösung in reinem Olivenöl oder Schwefelkohlenstoff ist tief, fast schwarzgrün gefärbt und erscheint schon bei auffallendem, diffusen Tageslichte schwarzroth [Wiesner]. Im Dunkeln bei Sauerstoffzutritt oder im Sonnenlicht bei Sauerstoffabschluss hält sie sich lange, im Lichte und bei Sauerstoffzutritt verfärbt sie sich sehr rasch [Wiesner].

b) Der gelbe Alkoholantheil [Xanthophyll, Kraus] ist nach Kraus von rein goldgelber Farbe und zeigt keine Spur von Fluorescenz [auch Gerland und Rauwenhoff, Filhol], nach Pringsheim besitzt er einen Stich ins Grüne [s. u.] und deutliche Fluorescenz, wenn man ihn darauf mit einer Sammellinse in directem Sonnenlichte untersucht. Zur Trockne gedampft, hinterlässt er eine tiefgelbbraune, klebrige, hygroskopische Masse, die sich in Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff und Benzol wieder löst wie vorhin, nicht aber in Wasser. Wird die gelbe Lösung mit Schwefelsäure oder Salzsäure versetzt, so bleibt sie noch kurze Zeit gelb, dann wird sie smaragdgrün, spangrün, endlich schön indigoblau. Organische Säuren verändern die Lösung äusserlich nicht. Im Sonnenlichte verbleicht sie langsam, nach einigen Tagen. Nach Kraus ist der goldgelbe Alkoholauszug identisch mit dem gelben Farbstoffe etiolirter Pflanzen.

Nach den Untersuchungen von Pringsheim[176]) und Wiesner wird es sehr wahrscheinlich, dass der gelbe Alkoholantheil einer Rohchlorophylllösung ein Gemisch von einer oder mehreren gelben Chlorophyllmodificationen mit wenig Chlorophyll ist. Erstere treten selbständig im Rohchlorophyll auf und sind keine präexistirende Componenten desselben. Derartige gelbe Chlorophyllmodificationen unterscheidet Pringsheim drei, nämlich Etiolin, Xanthophyll und Anthoxanthin.

---

[176]) Pringsheim in Monatsber. K. Acad. Berlin, 1874, pag. 628 ff.

Das Etiolin ist der Farbstoff, welcher von etiolirten Gewächsen bei der Athmung im Finstern gebildet wird; es ist eine gelbe, roth fluorescirende Modification des Chlorophylls; löslich in Alkohol, Aether, Benzol und Schwefelkohlenstoff, unlöslich dagegen in Wasser. Seine Lösung wird, mit Salzsäure oder Schwefelsäure versetzt, erst spangrün, später blau.

Das Xanthophyll [im Sinne Pringsheim's] ist der gelbe Farbstoff herbstlich gefärbter Blätter. Er verhält sich gegen die angegebenen Lösungsmittel ebenso wie Etiolin, färbt sich aber mit Salzsäure oder Schwefelsäure smaragdgrün, nicht blau. — Der bei der Herbstfärbung der Blätter erscheinende gelbe Farbstoff verdankt sein Auftreten einem Zersetzungsprocesse des Rohchlorophylls. Entzieht man gelben Xanthophyllkörnern den Farbstoff durch Alkohol, so bleiben nach der Extraction die entfärbten Körnchen in ihrer früheren Grösse zurück. [Diese werden dann durch concentrirte Schwefelsäure nur langsam angegriffen; kochende Kalilösung verwandelt sie in eine schmierige, braune Masse] [177]).

Das Anthoxanthin ist der gelbe Farbstoff gelber Blüten und Früchte; es wird weiter unten besprochen werden.

Welche von den beiden ersten, gelben Chlorophyllmodificationen im grünen Rohchlorophyll vorkommen, ob das Etiolin oder das Xantophyll, oder beide zusammen, lässt sich vorläufig nicht entscheiden.

B. Spectroskopisches Verhalten des Chlorophylls.

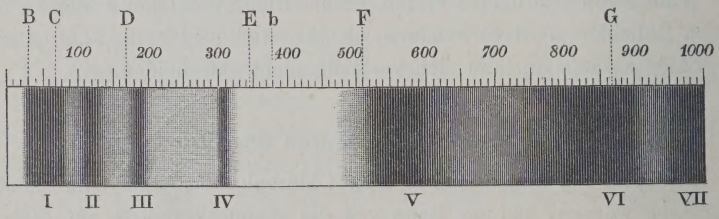
Die optischen Eigenschaften von Chlorophylllösungen sind häufig untersucht worden, seitdem Brewster die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand gelenkt hat und selbst bereits die wichtigsten Phänomene auffand, die an denselben zu beobachten sind und von denen einige ihn zu Ansichten führten, welche die Unrichtigkeit der von Newton aufgestellten Eigenschaften des Lichtes nachwiesen. Abgesehen davon, dass er zuerst die Fluorescenz von Blattgrünlösungen beobachtete, entdeckte er den Dichroismus derselben, d. h. die Eigenschaft, dass die Absorptionsfarbe bei dünner Schicht grün, bei dicker roth ist. Er beobachtete ferner zuerst das Dispersionsvermögen des Chlorophylls für rothes Licht [später von Stockes eingehend untersucht] und endlich das eigenthümliche Absorptionsspectrum des Blattgrüns. Letzteres, dem wir hier unsere Aufmerksamkeit ausschliesslich

---

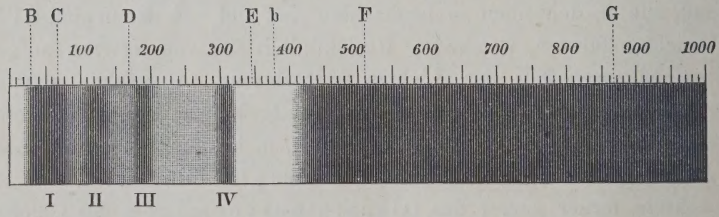
[177]) In manchen Fällen gehen jedoch vor dem Auftreten des Xanthophylls die Chlorophyllkörnchen in eine schön grüne, formlose Masse über [Sachs, Flora 1863, pag. 202].

zu widmen haben, wurde dann später von Askenasy, Kraus, Pringsheim u. A. genauer studirt; es wurde von jenen Forschern gezeigt, dass das Chlorophyllspectrum unter allen Umständen zur Erkennung des Chlorophylls und seiner Modificationen benutzt werden kann, dass also eine spectralanalytische Untersuchung des Chlorophylls möglich ist, welche in neuerer und neuester Zeit denn auch häufig bei einschlägigen Studien zu Rathe gezogen wurde.

Das Absorptionsspectrum des Chlorophylls zeigt sieben dunkle Bänder, welche den Orten der Absorptionsmaxima entsprechen. Die 7 Absorptionsbänder werden, von Roth nach Blau fortzählend, mit den römischen Zahlen *I* bis *VII* bezeichnet; *I—IV* liegen in dem vorderen Theile des Spectrums geringerer Brechbarkeit, zwischen den Fraunhofer'schen Linien *A* und *E* [Bänder der ersten Spectrumhälfte], *V—VII* in dem hinteren Theile starker Brechbarkeit [Bänder der zweiten Spectrumhälfte]. *I—IV* sind bei Chlorophylllösungen mittlerer Concentration leicht wahrzunehmen, *V—VII* geben häufig eine continuirliche Absorption, sie erscheinen aber stets bei genügend schwacher Concentration der Lösung. Figur 120 stellt ein Absorptionsspectrum dar mit sämmt-



120.



121.

lichen Bändern, Figur 121 ein solches mit continuirlicher Absorption an Stelle von Band *V—VII* [nach Kraus].

Die Sichtbarkeit, die Intensität, die gegenseitige Lage [innerhalb gewisser Grenzen] der Bänder ist von verschiedenen Factoren abhängig, nämlich:

Die Concentration der Lösung, resp. die Schichtendicke des Farbstoffes [optische Concentration] bedingt die Anzahl und die Intensität der Bänder, in zweiter Linie auch die Lage derselben.

Das Lösungsmittel bedingt zumal geringe Variationen in der gegenseitigen Lage der Bänder, sowie das schnellere oder langsamere Wachsen der Absorptionen.

Die Art der Chlorophyllmodification ist nicht von Einfluss auf die Lage der Maxima und Minima der Absorptionen, dagegen auf das raschere oder langsamere Anwachsen der Absorptionen innerhalb der einzelnen Absorptionsbänder.

Wir betrachten zunächst das Spectrum einer normalen alkoholischen Chlorophylllösung [die vordere Hälfte des Spectrums bei mittlerer, die hintere bei schwacher Concentration gedacht, Figur 120 nach Kraus]:

Band *I:* tiefschwarz, beide Ränder scharf begrenzt; liegt zwischen den Fraunhofer'schen Linien *B* und *C* im Roth.

Band *II:* weniger schwarz, jedoch stark dunkel, nach beiden Seiten kurz schattenartig verlaufend, genau in der Mitte zwischen *C* und *D* im Orange.

Band *III:* meist viel weniger dunkel als *II*, nach beiden Seiten abgeschattet, im Gelb dicht hinter der Natriumlinie *D*. Zwischen *II* und *III* geringe Lichtschwächung.

Band *IV:* sehr schmal, schwach, oft schwer sichtbar, vor *E* im Grün gelegen, das Grün hinter demselben verschleiert.

Band *V:* breiter als *I*, in der Mitte fast schwarz, beiderseits schattenartig verlaufend, im lichtblauen Theile gerade hinter *F* gelegen.

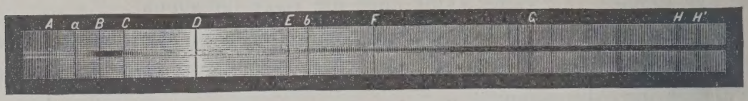
Band *VI:* breiter als *V*, in der Mitte fast schwarz, beiderseits breit schattenartig verlaufend, beginnend in der Mitte zwischen *F* und *G*, bei *G* aufhörend, im Indigo gelegen.

Band *VII:* entspricht einer totalen Hinfortnahme des violetten Endes des Spectrums.

Dass das hier beschriebene Spectrum der weingeistigen Chlorophylllösung ein dem Farbstoffe als solchem zukommendes ist, dass der Chlorophyllauszug nicht tiefgreifenden Zersetzungen unterlegen ist, ehe er zur spectroskopischen Untersuchung verwandt wurde, hat Kraus nachgewiesen durch die Thatsache, dass das Chlorophyll innerhalb der lebenden Pflanze gleiche oder ähnliche Spectren liefert.

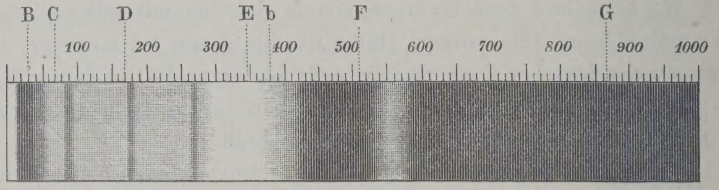
Das Spectrum eines einzelnen Chlorophyllkornes [Figur 122] erscheint als ein das erleuchtete Spectrum durchziehender, schwarzer Streifen, der im Roth und Gelb unterbrochen ist. Die Verdunkelung zwischen *B C* entspricht dem Bande *I*, die hinter *b* beginnende, den

ganzen hinteren Spectrumtheil durchziehende, der totalen Endabsorption der Bänder *V* bis *VII*.



122.

Das Spectrum eines lebenden Blattes [Figur 123 von *Deutzia scabra*, nach Kraus] unterscheidet sich nicht wesentlich von dem Spectrum der



123.

Lösung. Man legt das zu untersuchende Blatt auf den Objecttisch und schiebt das Objectivsystem soweit hinab, bis es das Blatt berührt. Bei geeigneter Vergrösserung erkennt man alsdann Band *I* bis *IV* sehr deutlich und auch in ihrer relativen Lage nicht geändert. Auch Band *V* ist scharf zu sehen, während *VI* und *VII* zu einer einzigen Absorption verschmolzen sind. Wendet man eine doppelte Lage von Blättern an, so verfliesst auch *VI* mit in die Totalabsorption der hinteren Spectrumhälfte. —

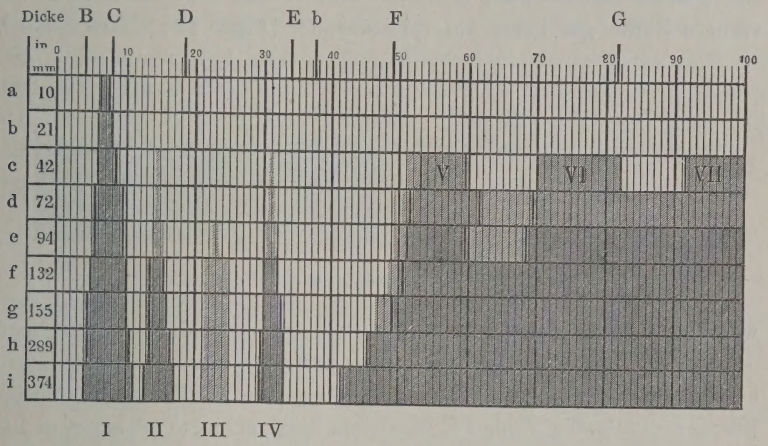
Wird eine alkoholische Rohchlorophyllösung, von deren Spectrum bisher die Rede gewesen ist, durch Benzolzusatz entmischt, so giebt der Benzolantheil [reines Chlorophyll, Kyanophyll Kraus] ein ganz ähnliches Spectrum mit dem Unterschiede, dass der gegenseitige Abstand der Bänder und die relative Breite derselben einige Aenderungen erfahren hat. Kraus hielt dieses für ein Charakteristicum seines Kyanophylls, nach Pringsheim ist der Grund hiervon in dem Einflusse des verschiedenen Lösungsmittels zu suchen [178]).

Wenn man durch Licht- und Sauerstoffeinwirkung oder durch Agentien [Säuren etc.] eine Zersetzung der Chlorophyllösung herbei-

[178]) Näheres sehe man bei Pringsheim [Monatsber. Berl. Acad., 1874, pag. 628 ff.], zumal auch die einfache und doppelte Spaltung von Band *I* der Benzolchlorophyllösung bei gewissen Concentrationsgraden.

führt, so giebt das Zersetzungsproduct ein Spectrum, welches von dem des unzersetzten Farbstoffes ganz verschieden ist; cfr. hierüber Kraus, l. c., pag. 68 ff.

Durch die Untersuchungen Pringsheim's ist festgestellt worden, dass das Spectrum von Chlorophylllösungen bei verschiedener Dicke derselben gewisse, höchst eigenthümliche Veränderungen zeigt, welche am besten durch die nach Pringsheim copirte Figur 124 demonstrirt werden.



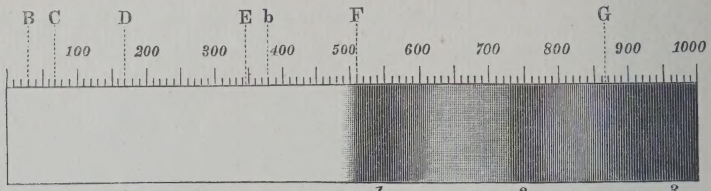
124.

Die horizontalen Abtheilungen *a* bis *i* stellen die Spectren der einzelnen Verdünnungsgrade [resp. Schichtendicke] einer Alkohol-Chlorophylllösung dar; *a* ist das Spectrum einer 10 mm dicken Schicht der Lösung, *i* das einer gleich concentrirten 374 mm dicken. Die übrigen Werthe ersieht man aus der Abbildung. Das Spectrum ist unter Zugrundelegung der Sorby-Browning'schen Scala in 100 resp. 1000 Theile getheilt; *B*, *C*, *D* etc. geben die Lage der Fraunhofer'schen Linien an, *I*—*VII* bezeichnen die Absorptionsbänder.

Das Spectrum *i* zeigt die Bänder *I* bis *IV* sehr deutlich, während *V* bis *VII* zu einer einzigen Absorption zusammengeflossen sind. Die Spectren *h*, *g* und *f* sind diesem ähnlich, nur Band *I*, *II* und *IV* schmäler werdend und die Absorption der zweiten Spectrumhälfte mehr nach *F* hinrückend. Das Spectrum *e* zeichnet sich durch fast vollständiges Verschwinden von Band *III* und Deutlichwerden von *V* aus, in *d* ist *III* ganz verschwunden, *II* und *IV* fast ganz hell geworden, *V*, *VI* und *VII* heller. In *c* ist von den vorderen Bändern nur *I* noch deutlich zu sehen, *V*, *VI* und *VII* aber sind deutlich wahrnehmbar, in *b* und *a* endlich

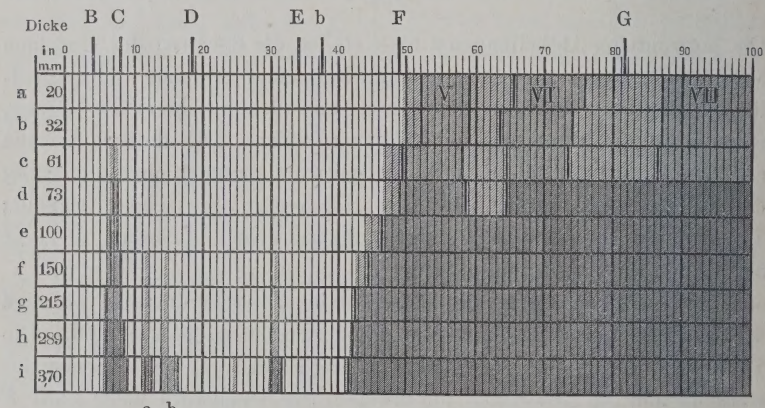
sind alle Bänder bis auf *I* nicht mehr vorhanden. Das constanteste Band ist also *I*, welches, abgesehen von der allmählichen Verschmälerung, ziemlich unveränderlich ist, es besitzt daher für die Erkennung sehr verdünnter und modificirter Lösungen eine hervorragende Bedeutung und kann als das charakteristische Chlorophyllband bezeichnet werden.

Das Spectrum des Etiolins ist von dem des Chlorophylls bei schwächerer Concentration scheinbar sehr verschieden. Es zeigt in der vordern Hälfte gar keine Absorptionsbänder [Figur 125, nach Kraus],



125.

während jenseits der Linie *F* drei Absorptionsbänder, entsprechend *V*, *VI*, *VII* des Chlorophyllspectrums auftreten, deren Zwischenräume beschattet sind. Man nahm daher früher an, dass der Farbstoff etiolirter Pflanzen die Bänder *I* bis *IV* überhaupt nicht erzeugte, Pringsheim hat



126.

aber nachgewiesen, dass hinreichend dicke Etiolinschichten ein Spectrum liefern, welches im wesentlichen mit dem des Chlorophylls übereinstimmt [Figur 126, in derselben Weise construirt wie Figur 124]; der wesent-

liche Unterschied liegt darin, dass Band *I* bis *IV* schwächer ausgebildet sind und erst bei dickeren Schichten zur Geltung kommen. Sodann ist *II* in zwei Bänder gespalten [*a*, *b*] und die Lage der Bänder im Blau ist etwas geändert. Das Etiolin steht daher dem Chlorophyll optisch sehr nahe.

Viel abweichender ist das Spectrum des Xanthophylls [im Sinne Pringsheim's]. Es zeigt nur die drei Bänder im Blau und lässt selbst bei 370 mm Dicke noch ungewiss, ob Band *I* im Roth vorhanden sei. Wurde aber die Lösung durch Eindampfen concentrirter gemacht und in derselben Dicke geprüft, so zeigte sich ein deutliches, ziemlich dunkles, aber schmales Band *I* von der Lithiumlinie bis nahe an *C* und eine schon bei *E* beginnende, von *b* an stark dunkle Endabsorption. Dahingegen gelang es nie, Band *II*, *III* und *IV* zur Erscheinung zu bringen.

* * *

Die Absorptionserscheinungen im Spectrum, zumal wie sie von Flüssigkeitsschichten verschiedener Dicke erzeugt werden, lassen sich in Gestalt von Curven, sogenannten Absorptionscurven graphisch zum Ausdrucke bringen. Askenasy [179]) wandte dieselben zuerst an; er entwirft von dem Spectrum einer Schicht eine Curve, deren Ordinaten mit der Intensität der Verdunklung im Verhältniss stehen, so dass also das Maximum der Curve mit dem Maximum der Verdunkelung correspondirt.

Diese Methode dürfte jedoch ohne photometrische Apparate zu sehr willkürlichen, wenigstens subjectiven Resultaten führen, sie ist daher auch selten in Anwendung gekommen.

Eine andere, von Pringsheim [180]) eingeführte Methode bezweckt die graphische Darstellung der Absorptionsmaxima und Minima; sie führt den ganzen Gang der Absorption vor Augen. [Man vergleiche Figur 124 und 126].

Die Abscissenachse wird entsprechend der Scala des spectroskopischen Messaparates getheilt, also in 100 [resp. 1000] Theile, wenn die Browning'sche Scala zu Grunde liegt, oder direct in Wellenlängen in Hunderttausendtheilen eines Millimeters wenn die Scala von Ångström zu Grund gelegt ist [181]). Die Ordinatenachse giebt die optische Concentration an [Höhe der Flüssigkeitsschicht in Millimetern]. Man erhält auf diese Weise ein Coordinatensystem, in welches sich die beobachteten Absorptionsbänder direct eintragen lassen. Zur besseren Orientirung

[179]) Askenasy in Botan. Zeitg., 1867, Taf. V.
[180]) Pringsheim in Monatsber. d. Berl. Acad., 1875, pag. 795.
[181]) Cfr. Nebelung in Botan. Zeitg., 1872, Taf. XI.

kann man die Lage der Fraunhofer'schen Linien *B*, *C*, *D*, *E*, *b*, *F*, *G* oberhalb der Abscissenlinie bezeichnen.

XI. Blütenfarbstoffe.

Literatur: Marquart, Die Farben der Blüten. Bonn 1835. — Böhm, Physiol. Unters. über blaue Passiflorabeeren [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. XXIII, 1857, pag. 19 ff.]. — Wigand, Einige Sätze über die Bedeut. d. Gerbstoffe u. d. Pflanzenfarben [Botan. Zeitg., 1862, pag. 121 ff.]. — Wiesner, Einige Beobacht. über Gerb- und Farbstoffe d. Blumenbl. [ebendaselbst, pag. 389 ff.]. — Hildebrand, Anat. Unters. über d. Farben d. Blüten [Pringsheim's Jahrb., Bd. III, 1863, pag. 59 ff.]. — Weiss, Unters. über d. Entwicklungsgesch. d. Farbstoffes in Pflzellen [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. LIV, 1. Abth., 1866, pag. 157 ff.]. — Nägeli u. Schwendener, Mikrosk., pag. 500 ff. — Kraus, Zur Kenntn. d. Chlorophyllfarbstoffe etc. Stuttg. 1872. — Kraus, D. Entsteh. d. Farbstoffkörper in den Beeren von *Solanum Pseudocapsicum* [Pringsheim's Jahrb., Bd. VIII, 1872, pag. 131 ff.]. — Wiesner, Unters. über d. Farbstoffe einiger für chlorophyllfrei gehaltenen Phanerog. [ebendaselbst, pag. 575 ff.]. — Pringsheim, Ueber d. Absorptionsspectra der Chlorophyllfarbstoffe [Monatsber. d. K. Acad. d. Wiss. Berlin 1874, pag. 628 ff.]. — Pringsheim, Ueber natürl. Chlorophyllmodificationen etc. [ebendaselbst, 1875, pag. 745 ff.]. — Borščow, Notiz über d. Polychroïsmus einer alkohol. Cyaninlösung [Bot. Zeitg. 1875, pag. 351]. — Hollstein, D. Schicksal d. Anthoxanthinkörner in abblüh. Blumenkr. [Bot. Zeitg. 1875, pag. 25 ff.]. — Flahault, Sur la form. des matières colorantes dans les végétaux [Bull. de la Soc. bot. de France, t. XXVI, 1879, pag. 268 ff.].

Die Farbstoffe der Blütenblätter und gefärbter Perikarpien sind noch viel weniger bekannt als das Chlorophyll und seine Verwandten. Wie diese, so treten sie stets als Inhaltstoffe der Zellen auf, nie an Membranen gebunden. Entweder sind sie im Zellsaft gelöst, stellen also Flüssigkeiten dar, oder sie sind an verschieden gestaltete, körnchenartige Gebilde von wahrscheinlich protoplasmatischer Natur gebunden. Gelöst finden sich vorzüglich die Farben Blau, Violett und Rosenroth, an Körnchen gebunden dagegen Gelb, Orange und Grün. In beiden Fällen giebt es jedoch Ausnahmen. Diese Farben bringen zusammen häufig Mischfarben hervor [182]). Seit den Untersuchungen Marquart's über die Farben der Blüten bezeichnet man die blauen und rothen, gelösten Pigmente als Anthocyan [183]), die gelben und orangefarbenen als Anthoxanthin. Fremy und Cloëz nehmen drei Arten von Blüten-

[182]) Man vergl. hierüber Hildebrand, l. c.

[183]) Die rothen werden auch wohl als Erythrophyll besonders abgetrennt.

farbstoffen an, nämlich: Cyanin, das blaue Pigment, wahrscheinlich identisch mit Marquart's Anthocyan, die rothen Farbstoffe sind eine Modification desselben; zweitens Xantheïn, einen gelben, in Wasser löslichen Farbstoff; drittens Xanthin, einen in Wasser unlöslichen gelben Farbstoff, der eine bedeutende Menge fettartiger Substanz enthält und in Alkohol wie in Aether löslich ist. Mit dem Xantheïn ist wahrscheinlich das Luteïn von Thudichum und das Anthochlor von Prantl identisch; nach Pringsheim ist eine Spaltung der gelben Pigmente unstatthaft, beide sind nach ihm Anthoxanthin, eine Modification des Chlorophylls, ähnlich wie Etiolin und Xanthophyll [cfr. pag. 350 f.].

A. Anthocyan, Cyanin. Löslich in Alkohol und Aether; wird das Lösungsmittel verdampft, so kann der blaue Farbstoff mit Wasser wieder aufgenommen werden. Säuren färben die Farbstoffe roth oder violett, Alkalien verändern das Roth wieder in Blau, Violett oder in Gelbgrün. Nach Wiesner [184]) färbt sich das Anthocyan durch Alkalien nie grün, wo dieses der Fall ist, rührt die grüne Farbe von eisengrünendem Gerbstoff her, welcher durch Alkalien gelb wird und mit dem blauen Anthocyan Grün ergiebt. [Dem widersprechen Nägeli und Schwendener, Sachsse].

Spectroskopisch ist das Anthocyan noch nicht näher geprüft. Die blaue Modification soll eine bei D beginnende, sich bis nach F fortsetzende Absorption zeigen, die violette eine schwache bei D und eine grössere am blauen Spectrumende, die rothe eine solche im Grün und Blau bis F und eine bei G beginnende Endabsorption.

B. Anthoxanthin [incl. Xantheïn, Luteïn, Anthochlor]. Kommt meist an Proteïnstoffe [selten an ölartige Substanzen] gebunden vor, welche sich von der farblosen Grundmasse der Chlorophyllkörner nicht unterscheiden. Es ist bis auf wenige Ausnahmen unlöslich in Wasser, löslich dagegen in Alkohol, Aether, Benzol und vielen der übrigen Lösungsmittel für Chlorophyll. Diese Lösungen werden durch Säuren blau gefärbt und sollen schwach fluoresciren. Nach Hollstein werden die Anthoxanthinkörnchen beim Verwelken der Blumenkronen verändert, indem sie zuerst in eine gelbe, ziemlich homogene Masse umgewandelt werden.

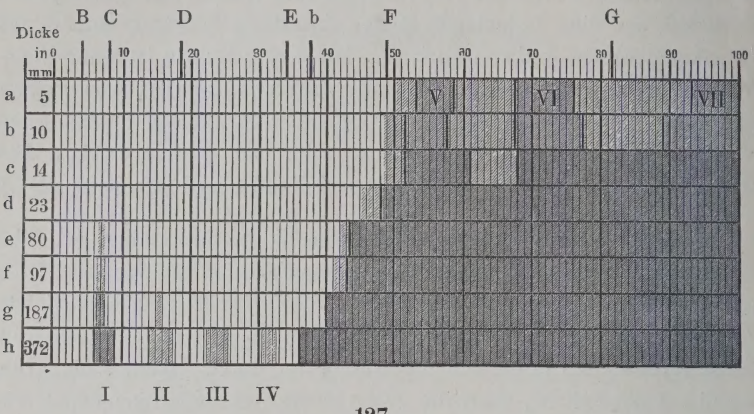
Pringsheim [185]) hat nachgewiesen, dass das Spectrum des Anthoxanthins sich von dem des Chlorophylls nicht wesentlich unterscheidet

---

[184]) Wiesner in Botan. Zeitg., 1862, pag. 389.

[185]) Monatsber. d. K. Acad. Berlin, 1874, pag. 638 ff.

[Figur 127]. Eine alkoholische Lösung des Farbstoffes zeigt in geringer Schichtendicke nur die Bänder *V*, *VI*, *VII*, die bald zu einer continuirlichen Endabsorption zusammenfliessen. Bei weiter steigendem



127.

Farbstoffgehalt kommt aber zuerst Band *I*, dann Band *II* und *IV* und endlich Band *III* zur Erscheinung. Das Anthoxanthin zeigt also spectroskopisch alle wesentlichen Merkmale des Chlorophylls und ist als eine Modification desselben [Anthoxanthinreihe] anzusehen.

Tritt der gelbe Farbstoff der Blüten im gelösten Zustande in den Zellen auf [er ist dann durch Wasser extrahirbar], so wird er auf Zusatz von Kalilauge braungelb [ob immer?].

Wahrscheinlich sind zu den Blütenfarbstoffen auch diejenigen eigenthümlichen, meist an Körnchen gebundenen Farbstoffe verschiedener Nüancen zu rechnen, welche in Perikarpien und anderwärts auftreten, und welche von Böhm, Weiss und Anderen untersucht wurden.

Die blauen Körnchen in den Früchten von *Passiflora* sind nach Böhm in Wasser, Alkohol und Aether löslich, sowohl kalt als siedend, Kali verändert ihre Farbe in Gelbbraun; Säuren und Alkalien lösen sie.

Weiss hat die Reactionen zahlreicher derartiger Körnchen angegeben; die wichtigsten sind folgende:

Orangefarbene Körnchen: Jod färbt sie grün [*Cucurbita*, *Aeschinanthus*, *Canna*, *Gazania*, *Lilium*, *Hemerocallis*, *Capsicum*] oder blaugrün [*Gaillarda*], Kali verändert die Farbe nicht [*Cucurbita*, *Aeschinanthus*, *Gazania*] löst sie aber, verdünnt angewandt, bisweilen [*Aeschinanthus*], Schwefelsäure färbt grüngelb [*Lilium*], Salpetersäure erst lichtblau, dann verschwindet die Farbe [*Lilium*].

Gelbe Körnchen: *Adonis:* Jod verändert sie nicht, desgleichen Benzol; Kali macht sie etwas verblassen. — *Tydaea*: Jod färbt gelbgrün, Kali ist ohne Wirkung.

Carminrothe Körnchen: *Lycopersicum:* Jod färbt sie grün bis gelbgrün, Kali lässt sie unverändert. *Columnea*: Jod sowie Schwefelsäure und Salzsäure lassen sie unverändert, coaguliren sie aber, Salpetersäure macht sie mennigroth und coagulirt nicht. Chlorwasser ist ohne Wirkung.

Violette Körnchen: *Convallaria:* Jod färbt roth, Säuren zerstören die Farbe. *Solanum Melongena:* Jod färbt goldgelb, Kali blau.

Blaue Körnchen: Jod färbt nicht, Kali schön grün [*Delphinium*].

Diese Farbstoffe sollen durch Umwandlung des Chlorophylls entstehen, ihre Grundlage sind Plasmagebilde; sie sind doppelbrechend.

XII. Asparagin.

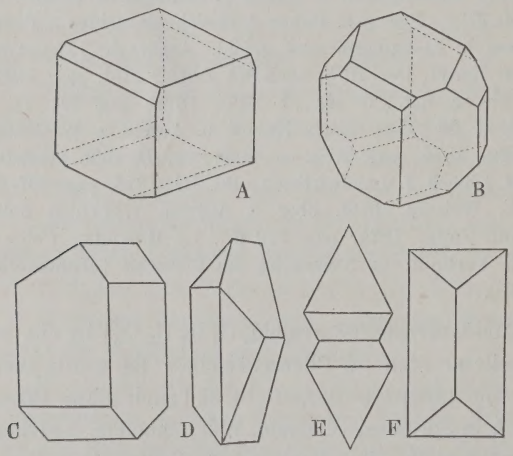
Literatur: Piria, Rech. sur la const. chim. de l'asparagine etc. [Ann. de chim. et de phys., 3e sér., t. XXII, 1848, pag. 160 ff.; abgedruckt aus Il Cimento, Jan. 1846]. — Pasteur, Nouvelles rech. sur les relations qui peuvent exister entre la forme cristalline, la comp. chim. etc. [ebendaselbst, 3e sér., t. XXXI, 1851, pag. 70 ff.]. — Hartig, Entwicklungsgesch. d. Pflkeims. Leipzig 1858, pag. 128 ff. — Pfeffer, Unters. über d. Proteïnkörner u. d. Bedeut. d. Asparag. beim Keimen d. Samen [Pringsheim's Jahrb., Bd. VIII, 1872, pag. 530 ff.]. — Pfeffer, Ueber d. Bezieh. d. Lichtes z. Regen. v. Eiweissst. aus dem b. Keimungsprocess gebild. Asparagin [Monatsber. d. K. Acad. d. Wiss. Berlin, Dec. 1873, auch Bot. Zeitg., 1874, pag. 249 ff.; übersetzt in Ann. des sc. nat., 5e sér., t. XIX, 1874, pag. 391 ff.]. — Pfeffer in Tagebl. d. 46. Vers. dtsch. Naturf. u. Aerzte z. Wiesbaden. Sect. Bot. [Bot. Zeitg., 1874, pag. 236]. — Pfeffer, D. Bild. stickstoffhalt. Subst. in d. Pfl. [Jahrb. f. Landwirthsch., Bd. III, 1873, pag. 437 ff.]. — Gorup-Besanez, Weitere Mitth. über d. Auftret. v. Leucin neben Asparagin etc. [Bot. Zeitg. 1874, pag. 379 ff.]. — Borodin, Ueber d. physiol. Rolle u. d. Verbreit. d. Asparagins im Pflreiche [ebendaselbst, 1878, pag. 801 ff.][186]).

Das Asparagin [Amidobernsteinsäureamid, $C_4 H_8 N_2 O_3$] ist ein, wie es scheint, weit verbreiteter Stoff im Pflanzenreiche. Es wurde zuerst aus den Schösslingen von *Asparagus* dargestellt und nach dieser Pflanze benannt. Es findet sich in Sprossen, Stengeln, Wurzelknollen, Früchten, Samen, im Milchsafte. Beispiele seines Vorkommens liefern *Convallaria, Paris, Ornithogalum* [Wurzeln, Kraut], Keime, Samen, Wurzeln und im

[186]) Die chemische Literatur bei Husemann, l. c., pag. 264.

Dunkeln gewachsene Stengel zahlreicher Papilionaceen, Kartoffelknolle, Althaeawurzeln, Samen von *Castanea*, Hopfenschösslinge, Sprosse von *Tilia*, *Syringa*, *Sambucus*, *Quercus* [Borodin]. Zumal in den Keimlingen von *Lupinus luteus* ist dasselbe sehr reichlich vorhanden. Es findet sich in der lebenden Pflanze stets in gelöstem Zustande. Mikroskopisch wurde es zuerst von Th. Hartig beobachtet und mit dem Namen Gleiss belegt.

Bezüglich seiner physiologischen Function stehen sich zwei Ansichten unvermittelt gegenüber. Nach der einen [Pfeffer] ist das Asparagin ein Uebergangsglied zwischen den Reserveproteïnstoffen des Samens [zunächst der Papilionaceen] und des lebensthätigen Albumin der entwickelten Pflanze, das der Stickstoffwanderung dient. Es entsteht also aus Proteïnstoffen und wird wieder in dieselben umgewandelt. Aber sein Verschwinden steht im innigen Zusammenhange mit dem Verschwinden des Zuckers, und auch bei seiner Bildung ist dessen Gegenwart nöthig. Nach der anderen [Hartig, Borodin] ist das Asparagin die Form, unter welcher überhaupt Eiweissstoffe von Zelle zu Zelle wandern [„der Gleisskrystall ist daher gewissermaassen der Zucker des Klebermehls", Hartig]. Es werden also Proteïnstoffe, nicht Kohlehydrate unter Bildung von Asparagin zersetzt, welches seinerseits wieder in Eiweiss zurückverwandelt wird. Daraus erklärt sich die Thatsache, dass Asparagin immer dann auftritt, wenn eine Pflanze arm an Eiweissstoffen ist.



128.

Das Asparagin krystallisirt leicht mit 1 At. Wasser in wasserhellen, durchsichtigen, orthorhombischen Säulen, häufig treten Zwillingsbildungen auf. Figur 128 *A*, *B* stellt zwei mehrfach beobachtete Krystallformen des Asparagins dar [makroskopisch, nach Pasteur], *C*, *D*, *E*, *F* einige häufigere mikroskopische Formen. — Es ist löslich in Wasser, Säuren und Alkalien, unlöslich dagegen in

absolutem Alkohol [nicht in verdünntem], Aether, fetten und flüchtigen Oelen.

Die mikroskopische Nachweisung geschieht durch absoluten Alkohol [resp. Oel] [Hartig, Pfeffer, Borodin]. — Zu Schnitten, welche unter Deckglas liegen, bringt man einen Tropfen absoluten Alkohol. Man sieht dann nach einigen Minuten Krystalle anschiessen, theils in und an den Schnitten, theils an beiden Gläsern, theils am Verdunstungsrande der Flüssigkeit. Dieselben Krystalle erhält man nach einigen Tagen, wenn man die Schnitte auf dem Objectträger mit einer ganz flachen Oelschicht bedeckt [187]).

Um das Asparagin in den Zellen nachzuweisen, nimmt man nach Pfeffer [188]) Schnitte, die dicker sind als eine Zellschicht, legt sie in ein Uhrgläschen mit absolutem Alkohol und schwenkt schnell um. Schnitte mit wenig Asparagin bringt man am besten auf den Objectträger und lässt hier den Alkohol zutreten. Dieser darf weder zu schnell in die Zellen dringen, damit das Asparagin nicht herausdiosmirt, noch darf er in der Umgebung des Schnittes zu verdünnt werden, da sich dann kein Asparagin ausscheidet. Man soll daher mehrmals Alkohol zu dem Präparat nachgeben. Letzteres ist nach Borodin [189]) nicht zweckmässig; man soll die Schnitte mit dem Alkohol nur einmal betupfen, das Deckglas auflegen und trocknen lassen. Auf diese Weise gelingt es, viel kleinere Asparaginmengen nachzuweisen, als bei mehrmaligem Alkoholzusatz.

Um das auskrystallisirte Asparagin sicher als solches zu erkennen, giebt Borodin [190]) zwei Wege an. Erwärmt man es bis auf 100°, so verliert es sein Krystallwasser und der Krystall verwandelt sich in ein helles, homogenes, stark lichtbrechendes, wie Oel aussehendes Tröpfchen, das in Wasser leicht löslich ist. Aus dieser Lösung kann es durch Alkohol wieder in Krystallen erhalten werden. Wird es aber bis auf 200° erhitzt, so zersetzt es sich und man erblickt braune, meist von Gasblasen schäumende Tropfen, die sich in Wasser nicht mehr lösen.

Man kann aber das auskrystallisirte Asparagin auch mit einer concentrirten wässerigen Asparaginlösung versetzen, welche nicht kälter ist als das zu prüfende Object. Am besten nimmt man eine im Erkalten begriffene, vor kurzem erwärmte, gesättigte Lösung und beob-

---

[187]) Hartig, Entwicklungsgesch. d. Pflkeims, pag. 127.
[188]) Pfeffer in Pringsheim's Jahrb., Bd. VIII, pag. 533.
[189]) Borodin, l. c., pag. 804.
[190]) Borodin, l. c., pag. 805.

achtet unter dem Mikroskope die Wirkung eines Tropfens derselben auf die zweifelhaften Krystallformen. Alle fremden, in Wasser löslichen Niederschläge lösen sich in derselben wie in reinem Wasser, das Asparagin aber bleibt unverändert.

Auf dieselbe Weise weist Borodin auch das häufig in Gesellschaft mit Asparagin vorkommende Tyrosin nach.

XIII. Anorganische Pflanzenbestandtheile.

Literatur: Raspail, Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris. Sept. 1828. — Sanio in Monatsber. d. K. Acad. d. Wiss. Berlin 1857, pagg. 53 ff., 253 ff. Hanstein, Ueber ein noch nicht bekanntes System schlauchartiger Gefässe etc. [ebendaselbst, 1859, pag. 705 ff.]. — v. Mohl, Ueber d. Kieselskelett lebender Pflanzen [Botan. Zeitg., 1861, Nr. 30 ff.]. — Wicke, Ueber d. Vork. u. d. physiol. Verwend. d. Kieselerde [Bot. Zeitg., 1862, pag. 76]. — Sachs, Ergebnisse einiger neuer Unters. über d. in d. Pfl. enth. Kieselsäure; I. [Flora 1862, pag. 33 ff.]. — Sachs, do. II [ebendaselbst, 1863, pag. 113 ff.]. — Holzner, Ueber d. Kryst. in d. Pflzellen [Flora 1864, pag. 273 ff.]. — Holzner, Ueber d. physiol. Bedeut. d. oxals. Kalkes [ebendaselbst 1867, pag. 497 ff.]. — Holzner, D. Krystalldrusen in d. Bl. d. weissen Maulbeerbaumes [ebendaselbst, 1867, pag. 470 ff.]. — Rosanoff, Ueber Krystalldrusen in den Pflanzenzellen [Bot. Zeitg., 1867, pag. 41 ff.]. — Hilgers, Ueber das Auftr. der Kryst. von oxals. Kalk im Parenchym einiger Monokot. [Pringsheim's Jahrb., Bd. VI, 1867, pag. 285 ff.]. — Dippel, D. Mikrosk., Bd. II, 1869, pag. 37 ff. — Graf Solms-Laubach, Ueber einige geformte Vorkommn. oxals. Kalkes in leb. Zellmembranen [Bot. Zeitg., 1871, pag. 509 ff.]. — Pfitzer, Ueber d. Einlagerung v. Kalkoxalatkryst. in d. pfl. Zellhaut [Flora 1872, pag. 97 ff.]. — Vesque, Obs. sur les crist. d'oxalate de chaux dans les plantes etc. [Ann. des sc. nat., 5e sér., t. XIX, 1874, pag. 300 ff.]. — Sachs, Lehrb., pagg. 38, 66. — Penzig, Z. Verbreit. d. Cystolithen im Pflanzenreich [Bot. Centralbl., Bd. VIII, 1881, pag. 393]. — Zahlreiche Angaben zerstreut in den verschiedensten Abhandlungen.

Die in der Pflanze vorkommenden anorganischen Bestandtheile sind ebenso verschiedenartig als weitverbreitet. Sie finden sich in jeder Zellmembran, im Zellinhalte, Zellsaft, Protoplasma, sie sind unentbehrliche Componenten des Pflanzenleibes. Ihre Anwesenheit lässt sich durch Einäschern der Pflanzentheile nachweisen, nach welchem Processe sie als, oft zwar nur minimale, Aschenbestandtheile restiren. Gewöhnlich sind sie mit Hilfe des Mikroskopes nicht zu erkennen, seltener treten sie als Krystalle, krystallinische Gebilde oder auch als amorphe Massen in Zellhaut oder Zellinnern auf und können dann mit Hilfe des

Mikroskopes entdeckt und untersucht werden. Es fallen daher nur die letzten in unser Untersuchungsgebiet.

Die in den Zellen sichtbaren Bestandtheile mit anorganischer Basis sind entweder Kieselsäure oder Kalksalze [resp. Magnesiumsalze]. Welche physiologische Rolle sie spielen, ist eine zwar häufig discutirte, gleichwohl noch fast ganz ungelöste Frage. Zweifellos ist es wohl, dass ihnen häufig die biologische Function zukommt, Pflanzen und Pflanzentheilen einen höheren Grad von Festigkeit und eine grössere Resistenz gegen äussere Einflüsse, insbesondere gegen Angriffe von Thieren zu verleihen [Kieselsäureabscheidungen in Equisetenstengeln und Grasblättern, Zellhaut der Diatomeen]. Die Calciumsalze hingegen sind häufig als Excretionen oder geradezu als Zellexcremente aufgefasst worden.

Die hier zu besprechenden Gebilde sind in Wasser unlöslich, in starken Mineralsäuren, vorzüglich Salzsäure oder Salpetersäure entweder löslich oder unlöslich. Unlöslich in Mineralsäuren sind Kieselsäureausscheidungen, löslich darin die Kalksalze.

A. Kieselsäure. Sie findet sich in den Zellmembranen zahlreicher Pflanzen: in Halmen und Blättern vieler Gräser und Bambusaceen, in der glänzenden Aussenschicht der Calamusarten, in der Epidermis der Equiseten, in der Zellhaut der Bacillariaceen. Sie ist unlöslich in Säuren und Alkalien und feuerbeständig und hierdurch von allen anderen Pflanzenbestandtheilen mit anorganischer Basis unterschieden. Man gewinnt daher die Kieselsäureincrustationen als zusammenhängendes Skelett am besten, wenn man Schnitte, denen man durch Salzsäure oder Salpetersäure vorher die anderen anorganischen Salze entzogen hat, auf dem Platinblech glüht [Methode cfr. pag. 138].

Um die Kieselpanzer von Diatomeen schön und frei von Unreinigkeiten zu gewinnen, hat man das zu untersuchende Material zuerst mittels Schlämmen durch feine Metallsiebe [191]) von den gröberen Schmutztheilen zu befreien. Alsdann wird es mit Salzsäure unter Zusatz von etwas Kaliumchlorat gekocht, wodurch Zellinhalt und Cellulosehäute zerstört werden und die Schalenhälften auseinanderfallen. Man giesst das Gemisch in eine reichliche Menge Wasser aus, das sich in einem hohen, engen Reagenzcylinder befindet, lässt absetzen, giesst die überstehende Flüssigkeit ab und ersetzt selbige drei- bis viermal durch

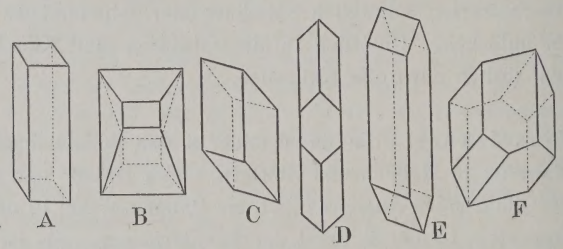
---

[191]) Solche sind durch Handlungen mikroskopischer Gegenstände zu beziehen [z. B. Kaiser-Berlin, Boecker-Wetzlar; Preis 7—8 M.].

reines Wasser. Man hat nun neben den Diatomeenschalen noch geringe Mengen von Unreinigkeiten in Gestalt gelber oder farbloser Flocken, welche sich bisweilen dadurch entfernen lassen, dass man das so gereinigte Material in Wasser aufkocht, dem ein Stückchen reiner Seife zugesetzt ist.

B. Kalksalze. Bei weitem die häufigsten Vorkommnisse anorganischer Zellbestandtheile gehören den Calciumsalzen an, und zwar sind sie vorwiegend Calciumcarbonat oder Calciumoxalat, sehr selten Calciumsulfat oder Calciumphosphat [cfr. pag. 332].

Das Calciumoxalat, welches die meisten mikroskopischen Krystalle bildet, krystallisirt quadratisch oder monoklin [klinorhombisch]. Einige der häufigsten Krystallformen sind in Figur 129 dargestellt worden



129.

[*A*, *B* quadratische, *C*—*F* monokline Formen]. Wenn das häufig auftretende monokline Prisma mit Orthodomen [*E*] sich sehr in der Richtung der Längsachse und sehr wenig in der Richtung der Querachse entwickelt, so tritt die Bildung von Krystallnadeln [Raphiden] ein, welche gewöhnlich zu Bündeln vereinigt parallel neben einander liegen [Raphidenbündel]. Auch Krystallaggregate [Drusen] des Calciumoxalats kommen häufig vor.

Die Krystalle des Calciumoxalates sind unlöslich in Wasser, Kalilauge und Essigsäure, dagegen in verdünnter Salzsäure löslich ohne Gasentwicklung. Wurden die Krystalle vorher geglüht, so lösen sie sich in Essigsäure mit Gasentwicklung auf.

Die Krystalle des Calciumcarbonates sind löslich in verdünnter Essigsäure und Salzsäure und zwar mit Gasentwicklung. — Sie treten dann und wann als sogenannte Cystolithen auf.

Die Krystalle des Calciumsulfates, die einige Male beobachtet sein sollen, sind in kaltem Wasser löslich.

B. Pflanzenstoffe beschränkterer Verbreitung.

Von den Pflanzenstoffen beschränkterer Verbreitung sind erst wenige in das Bereich der mikroskopischen Analyse hineingezogen worden. Ganze Gruppen, wie z. B. die chemisch wie technisch so wichtigen Pflanzenbasen, sind mikroskopisch nahezu vollständig unbekannt. Andere sind zwar besser studirt, allein auch bei diesen bleiben noch viele Fragen ungelöst.

Die im Nachfolgenden besprochenen Stoffe sind in Gruppen vertheilt worden, die [bis auf die letzten] ihrem chemischen Verhalten entsprechen. Sie schliessen sich dadurch den Gruppen des vorhergehenden Abschnittes A unmittelbar an. Es sind besprochen: 1. Glycoside, 2. Gerbsäuren, 3. Alkaloïde, 4. Fette, 5. Aetherische Oele, 6. Stearoptene, 7. Harze, 8. Phanerogamenfarbstoffe, 9. Kryptogamenfarbstoffe.

XIV. Glycoside.

Literatur: Hartig, Ueber d. Zucker u. einen dem Salicin ähnl. Körper aus d. Cambiumsafte der Nadelhölzer [Bot. Zeitg., 1863, pag. 413 f.]. — Nägeli und Schwendener, Mikrosk., pag. 494 f. — Franchimont, Rech. s. l'origine et la const. chim. des résines de terpènes [Arch. néerland, t. VI, 1871, pag. 426 ff.]. — Tiemann u. Harmann, Ueber d. Coniferin etc. [Ber. Deutsch. Chem. Gesellsch., Bd. VII, 1874, pag. 608 ff.]. — Tangl, Vorläuf. Mitth. über d. Verbreitung d. Coniferins [Flora 1874, pag. 239 ff.]. — Müller Ueber Coniferin [ebendaselbst, pag. 399]. — Borščow, Beiträge z. Histochemie der Pfl. [Botan. Zeitg., 1874, pag. 17 ff.]. — Pfeffer, Hesperidin, e. Bestandth. einiger Hesperideen [ebendaselbst, pag. 529 ff.]. — v. Höhnel, Ueber d. Kork u. verkorkte Gewebe überhaupt [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. LXXVII, 1. Abth., 1877, pag. 700 ff.]. — v. Höhnel, Histochem. Unters. über d. Xylophilin u. d. Coniferin [ebendaselbst, pag. 699 ff.]. — Schwarz, Chem.-botan. Studien über d. in den Flechten vorkomm. Flechtensäuren [Cohn's Beitr. z. Biologie d. Pfl., Bd. III, 1880, pag. 249 ff.]. — Singer, Beitr. z. näheren Kenntn. d. Holzsubstanz u. verholzt. Gewebe [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. LXXXV, 1. Abth., 1882, pag. 347 ff.].

Unter dieser Bezeichnung begreift man eine Reihe von Pflanzenstoffen, die durch Einwirkung von verdünnten Säuren oder Alkalien in Traubenzucker, Rohrzucker oder deren Verwandte übergeführt werden [abgesehen von anderen, dabei auftretenden Spaltungsproducten]. —

Die meisten sind in reinem Zustande krystallisirt und in Wasser löslich, viele auch in Alkohol; andere sind in letzterem unlöslich und können durch denselben krystallinisch abgeschieden werden. Von den zahlreichen, hierher gehörenden Körpern hat man folgende mikroskopisch nachzuweisen gesucht: Coniferin [Abietin], Vanillin, Salicin, Hesperidin, Frangulin, Syringin und die Chrysophansäure [von letzterer ist es noch zweifelhaft, ob sie in diese Gruppe gehört]. Die meisten der folgenden Angaben bedürfen noch eingehenderer Prüfung.

1. Coniferin [Abietin]. — $C_{16}H_{22}O_8$.

Krystallisirt in weissen oder gelben Nadeln; löslich in Wasser, schwer löslich in Alkohol und Aether. Giebt mit concentrirter Schwefelsäure eine violettblaue Färbung, welche auf späteren Wasserzusatz blau wird. Das Coniferin kann nach Franchimont durch Schwefelsäure in Zellen nachgewiesen werden, diese geben damit eine purpurviolette Färbung. Wird mit Phenolsalzsäure grün. [Näheres darüber, sowie über das Vorkommen des Coniferins in verholzten Membranen cfr. pag. 288 ff.].

Wahrscheinlich identisch mit Coniferin ist Hartig's Abietin. Ist schwer löslich in Wasser und Aether, leicht löslich in verdünntem Alkohol; findet sich im Cambialsafte vieler Coniferen und kann nachgewiesen werden, wenn man Querschnitte genannter Holzarten mit concentrirter Schwefelsäure behandelt; es zeigt sich dann eine charakteristische, violettblaue Farbe im ganzen Bereich des Bastringes [192]).

2. Vanillin. — $C_8H_8O_3$.

Weisse Krystallnadeln. Löslich in viel Wasser, Alkohol und Aether; wird mit concentrirter Schwefelsäure gelb [mit Eisenchlorid dunkelviolett]. Kommt nach Singer stets in verholzten Zellmembranen vor und liefert die bekannten Holzstoffreactionen [cfr. pag. 279 ff.].

3. Salicin. — $C_{13}H_{18}O_7$.

Gleichfalls krystallisirt [orthorhombisch]; unlöslich in Aether; löslich in Wasser und Alkohol, noch leichter in Kaliwasser sowie in Essigsäure. Findet sich in der Rinde vieler Arten von *Salix* und *Populus*. Färbt sich mit concentrirter Schwefelsäure schön roth [Wasserzusatz entfärbt unter Bildung eines rothen, pulverigen Niederschlages: Rutilin].

---

[192]) Hartig in Botan. Zeitg., 1863, pag. 414.

4. Hesperidin. — $C_{25}H_{30}O_{13}$ [?].

Ein Glycosid in reifen und unreifen Apfelsinen und in anderen Theilen der Orangenbäume. Ist unlöslich in Wasser und verdünnten Säuren, leicht löslich in Kali. Kommt in den Zellen gelöst vor und scheidet sich in diesen nach Liegen in Alkohol in Gestalt von Sphärokrystallen aus [auch in Glycerin], welche sich in Alkalien mit gelber oder röthlicher Farbe lösen.

5. Frangulin [Rhamnoxanthin]. — $C_{20}H_{20}O_{10}$ [?].

Findet sich bei *Rhamnus Frangula* in den peripherischen Marktheilen, im Holzparenchym der Markscheide, in dünnwandigen Phloëmelementen und im Bastparenchym. Das Frangulin ist ein krystallisirter, in Alkohol leicht löslicher Körper. — In den Zellen sind die Träger desselben sehr kleine Stärkekörner, welche mit Jod Bläuung geben. Die Körner färben sich mit Ammoniak oder Kalilauge schön blutroth.

6. Syringin. — $C_{19}H_{28}O_{10}$.

Krystallisirt in feinen, weissen, seidenglänzenden Nadeln. Leicht löslich in concentrirter Schwefelsäure, wobei die Lösung zuerst gelbgrün, dann blau, endlich violettroth wird. Diese Eigenschaft wird zur mikroskopischen Nachweisung des Syringins benutzt. Man setzt zu dünnen Quer- und Längsschnitten der Zweige von *Syringa vulgaris* [in denen das Syringin vorkommt] auf dem Objectträger mässig concentrirte Schwefelsäure [1 Tropfen H_2SO_4 und 2 Tropfen H_2O]. Sobald die Schnitte von dieser Lösung durchdrungen sind, färben sich sogleich sämmtliche Zellhäute der Holz-, Bast- und Markstrahlzellen gelbgrün, nach wenigen Minuten geht diese Färbung in Blau und später in Violettroth über. Die Zellhäute der übrigen Gewebeformen, sowie der Zellinhalt bleiben dabei ganz farblos. Auch bei Anwendung verdünnterer Säure tritt die Reaction ein, jedoch langsamer [nach 2 bis 3 Stunden]. Ferner ist das Alter der Zellhäute nicht gleichgiltig. Jüngere färben sich viel rascher als ältere. Die durch die Säure hervorgebrachte Reaction wird bald undeutlicher, indem sich durch nachträgliche Diffusionserscheinungen bald auch der Zellinhalt rothviolett färbt. Das Syringin findet sich in den Zellwänden dickwandiger Phloëm-, Xylem- und Xylemstrahlenzellen [Borščow].

7. **Chrysophansäure [Rheïn]. — $C_{15}H_{10}O_4$.**

Krystallisirt in schön orangegelben, goldglänzenden Nadeln, ist kaum löslich in kaltem Wasser, löslich dagegen in Aether und Benzol. Alkalien erzeugen mit ihr unter Lösung eine prächtig purpurrothe Färbung. — Sie wurde im Thallus mehrerer Flechten, sowie in Wurzeln von Rhabarber, *Rumex obtusifolius*, *R. Patientia* und bei *Cassia bijuga* [Rinde] gefunden. Sie ist in den Zellen an kleine Plasmakörnchen gebunden, welche mit Ammoniak eine dunkel purpurrothe Färbung annehmen. — In den jungen Seitenwurzeln von *Rumex obtusifolius* findet sie sich im Parenchym der Aussenrinde, in dünnwandigen Phloëmelementen sowie in dünnwandigen Prosenchymzellen. Bei älteren Seitenwurzeln ist das Rindenparenchym ganz frei von Chrysophansäure, dagegen ist sie im Markparenchym vorhanden [Borščow].

XV. Gerbsäuren [Gerbstoffe, Tannin].

Literatur: Sachs, Ueber einige neue mikrosk.-chem. Reactionsmeth. II. Ueber mikrosk. Nachweisung d. Gerbst. in d. Zellen [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. XXXVI, 1859, pag. 23 ff.]. — Sanio, Einige Bemerk. über d. Bau d. Holzes. V. Ueber Gerbstoff [Botan. Zeitg., 1860, pag. 213 f.]. — Wigand, Einige Sätze über d. physiol. Bedeut. d. Gerbstoffes etc. [ebendaselbst, 1862, pag. 121 ff.]. — Wiesner, Einige Beobacht. über Gerb- und Farbst. d. Blumenbl. [ebendaselbst, pag. 389 ff.]. — Sanio, Einige Bemerk. über den Gerbstoff u. seine Verbreitung b. d. Holzpfl. [ebendaselbst, 1863, pag. 17 ff.]. — Hartig, Ueber d. Gerbmehl [ebendaselbst, 1865, Nr. 7]. — Nägeli u. Schwendener, D. Mikrosk., pag. 490 ff. — Hanstein, Ueber d. Org. d. Harz- und Schleimabsonderung in d. Laubkn. [Botan. Zeitg., 1868, pag. 721 ff.]. — Dippel, Das Mikrosk., Bd. II, pag. 20.

Unter diesem Namen umfasst man eine Reihe chemischer Verbindungen, welche wie die Kohlehydrate aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff bestehen, die aber kohlenstoff- und sauerstoffreicher als jene sind. Ihrer chemischen Constitution nach sind die wenigsten näher bekannt.

Die Gerbsäuren finden sich zumal bei holzigen Gewächsen und perennirenden Kräutern, selten bei einjährigen Pflanzen, häufiger bei Dikotylen als bei Monokotylen. Ganze Pflanzenfamilien entbehren der Gerbstoffe, wie Solaneen und Oleaceen, dagegen sind die Vertreter der Cupuliferen, Ericaceen, Leguminosen, Rosaceen besonders reich an ihnen. Hauptsächlich finden sich Gerbsäuren in der Rinde, in jungem Holz, in dünnwandigen Gefässbündeltheilen, seltener im Marke.

Ursprünglich kommen die Gerbsäuren stets im Zellsafte gelöst vor, können in späteren Stadien aber auch die Wand durchdringen und sie durchtränken; sie scheinen also von Zelle zu Zelle zu diosmiren. Eine andere Art der Gerbsäuren [Rinde von *Quercus* etc.] ist jedoch nicht fähig zu diosmiren. Die Weiterführung dieser kann nur geschehen, nachdem sie vorher in andere Producte umgesetzt wurden. Nach Wigand besteht zwischen den Gerbstoffen und der Stärke eine gewisse Beziehung: im Fruchtfleische treten oft reichlich Gerbstoffe auf, später aber verschwinden sie in dem Maasse, als der Zuckergehalt zunimmt, so dass hier ein Uebergang des Gerbstoffes in Zucker stattzufinden scheint. In anderen Fällen sind die Gerbstoffe als Chromogene zu betrachten [193]), aus denen sich später blaue und rothe Blumenfarben entwickeln.

Bekannt ist das regelmässige Auftreten von Gerbsäuren bei gewissen pathologischen Zellwucherungen [Galläpfel].

Alle Gerbsäuren sind in Wasser und in Alkohol löslich und besitzen einen adstringirenden Geschmack.

Es giebt einige sehr charakteristische mikroskopische Reactionen auf die Gerbsäuren, durch welche sie leicht und sicher erkannt werden können.

Mit Eisensalzen, Eisenacetat, Eisenvitriol, Eisenchlorid u. a. geben die Gerbstoffe schwarzblaue oder grüne Färbungen oder ebensolche Niederschläge. Früher war man der Ansicht, dass die blauen und grünen Farbentöne von verschiedenen Arten der Gerbstoffe hervorgebracht würden und theilten diese daher in eisengrünende und eisenbläuende [beide finden sich bisweilen vereinigt in derselben Zelle]. Nach den neueren Untersuchungen der Chemiker liegen übrigens keine zwingende Gründe für diese Abtheilungen vor. — Am besten wendet man zu der Reaction eine nicht zu concentrirte Eisensalzlösung an, legt die Schnitte unmittelbar in dieselbe hinein und beobachtet sogleich. Oder man bringt zu den in Glycerin gelegten Schnitten sofort das Reagenz. Jedenfalls hat man schnell zu arbeiten, um zu verhüten, dass die Gerbstofflösung aus den Zellen in das Präparatwasser diosmirt und so die Reaction undeutlich macht. Bei den frisch behandelten Präparaten bleibt die Zellmembran gewöhnlich farblos; haben sie aber bereits längere Zeit in Wasser gelegen, so pflegt sich auch die Membran zu färben, weil sie nun von dem diosmirenden Gerbstoff durchdrungen ist. In manchen Zellen besitzen die Gerbstoffmassen ein ölartiges Aus-

---

[193]) Wigand in Botan. Zeitg., 1862 l. c.

sehen und zertheilen sich auf Zusatz von Wasser in kleine Kügelchen [Rinden von *Quercus*, *Populus*]. Die blaue Färbung, welche Eisenchlorid hervorruft, nimmt hier zuletzt einen braunen Ton an, woraus hervorgeht, dass neben dem eisenbläuenden Gerbstoff noch irgend eine andere Substanz oder ein anderer, weniger empfindlicher Gerbstoff in den erwähnten ölartigen Massen vorkommt [194]).

Ein zweites Reagenz auf Gerbsäuren ist nach Sachs [195]) Kaliumhydroxyd. Es erzeugt Oxydationsproducte derselben, welche ziegelrothe, gelbrothe oder rothbraune Flüssigkeiten sind. Diese sind wie die Niederschläge der Eisensalze noch in sehr dünnen Schichten und bei Anwesenheit von sehr wenig Gerbstoff deutlich sichtbar. Natürlich sind hier wie dort Schnitte zur Untersuchung zu verwenden, die mehr als eine Zellschicht dick sind. Da die rothe Färbung mit Kali auf einem Oxydationsprocesse beruht, so muss man bis zum Eintreten derselben gewöhnlich mehrere Minuten warten. Man legt den Objectträger mit dem Schnitt auf weisses Papier und bedeckt letzteren mit einem Tropfen starker Kalilösung; um die zur Oxydation nöthige Luft den Gerbstoffzellen zuzuführen, genügt dann der Zusatz von wenigen Tropfen Wasser. Auch ohne dieses tritt die Färbung zwar ein, jedoch viel langsamer.

Mit Jodjodkalium nehmen die Gerbstoffe eine gelbe oder gelbbraune Färbung an, mit verdünnter Chlorzinkjodlösung erscheinen röthliche, rosenrothe oder rothbraune, oder auch violette Niederschläge [196]), diese Farben sind selbst bei sehr wenig Gerbstoffgehalt deutlich zu erkennen.

Eine Lösung von Kaliumbichromat färbt Gerbstoffe dunkelroth oder rothbraun; diese rothbraune Verbindung löst sich in einem Ueberschusse des Reagenzes nicht auf. Sanio [197]) legt ganze Aststücke, die vorher einige Stunden austrockneten, in das verdünnte Reagenz und verfertigt erst dann die Schnitte, wenn jene von der Flüssigkeit ganz durchdrungen sind. Man kann aber auch die auf dem Objectträger liegenden, fertigen Präparate mit dem Salze imprägniren.

Hanstein'sche Anilinlösung färbt die Gerbstoffe rehbraun, in helleren oder kräftigeren Nüancen [Hanstein].

Gallussäure soll nach Sachs mit Barytlösung einen graublauen Niederschlag geben; mit Chlorzinkjod giebt sie einen rosenrothen Niederschlag [Sanio].

---

[194]) Nägeli u. Schwendener, l. c., pag. 492.
[195]) Sachs, l. c., pag. 27 ff.
[196]) Sanio in Botan. Zeitg., 1863, pag. 214.
[197]) Sanio in Botan. Zeitg., 1863, pag. 17.

XVI. Alkaloïde.

Literatur: Borščow, Beiträge. z. Histochemie der Pfl. [Bot. Zeitg., 1874, pag. 17 ff.].

Von der chemisch so genau studirten Gruppe der Pflanzenbasen oder Alkaloïde ist bis jetzt erst ein einziger Körper mikroskopisch nachzuweisen versucht worden, das

Veratrin, $C_{32}H_{52}N_2O_8$,

das Alkaloïd von *Veratrum album* und *V. Sabadilla*, ein weisses, krystallinisches Pulver, welches in Wasser unlöslich ist, löslich dagegen in Alkohol, Aether, Chloroform, Benzol und Glycerin [schwierig]. Concentrirte Schwefelsäure löst es mit gelber Farbe, diese wird bald orange, dann blutroth, schliesslich carminroth oder schmutzig-violett. — Borščow[198]) verwendet feine Quer- und Längsschnitte, welche er mit Schwefelsäure versetzt, die, um die zarten Gewebe nicht zu zerstören, das doppelte Volumen Wasser enthält. Es treten dann die oben beschriebenen charakteristischen Färbungen und der Farbenwechsel ein. — Es wurden auf diese Weise die unterirdischen Theile von *Veratrum* geprüft, und es fand sich, dass in den Wurzeln und der unter der Zwiebel sich verlängernden Stengelachse das Alkaloïd seinen Sitz hauptsächlich in den Elementen der Epidermis und der Schutzscheide hat, dass in den Zwiebelschuppen nur die Epidermalschicht wenig Veratrin enthält. Vorwiegend scheint das Veratrin innerhalb der Zellwände aufzutreten.

XVII. Fette.

Literatur: Karsten, Ueber d. Entsteh. d. Harzes, Wachses etc. durch d. assimil. Thätigkeit d. Pflzellen [Bot. Zeitg., 1857, pag. 313 ff.]. — Kützing, Grundz. d. philos. Bot., Bd. I a. v. O. — Sachs, Ueber d. Auftreten d. Stärke bei d. Keimung ölhaltiger Samen [Bot. Zeitg., 1859, pag. 177 ff.]. — Sachs, Ueber d. Stoffe, welche d. Material z. Aufbau d. Zellhäute liefern [Pringsheim's Jahrb., Bd. III, 1863, pag. 183 ff.]. — Wigand, Ueber d. Desorganisation d. Pflzelle etc. [Pringsheim's Jahrb., Bd. III, 1863, pag. 155 ff.]. — Müller, Unters. über d. Vertheil. d. Harze etc. im Pflanzenkörper [ebendaselbst, Bd. V, 1866, pag. 387 ff.]. — Uloth, Wachsbildung im Pflanzenreich [Flora 1867, pag. 385 ff.]. — De Bary, Ueber

198) Borščow, l. c., pag. 38 ff.

d. Wachsüberzüge d. Epidermis [Bot. Zeitg., 1871, pag. 128 ff.]. — Pfeffer, Unters. über d. Proteïnkörner etc. [Pringsheim's Jahrb., Bd. VIII, 1872, pag. 419 ff.]. — Pfeffer, D. Oelkörper d. Lebermoose [Flora 1874, pag. 2 ff.]. — Wiesner, Ueber d. krystallin. Beschaffenh. der geformten Wachsüberzüge pflanzl. Oberhäute [Bot. Zeitg., 1876, pag. 225 ff.].

Die Fette sind verbreitete Pflanzenstoffe von eigenthümlichem Aeusseren. Entweder sind sie flüssig [fette Oele] oder sie sind feste Körper [Wachs]. Die fetten Oele dürften in den meisten Fällen Reservestoffe repräsentiren, sie kommen daher in einer zahlreichen Anzahl ruhender Samen vor [Sachs, Pfeffer, cfr. pag. 326]. Die Wachsarten hingegen scheinen nie Reservestoffe zu sein, vielmehr scheinen sie in der Mehrzahl der Fälle gewissen biologischen Functionen zu dienen. Wo sie die Oberfläche von Gewächsen überziehen, halten sie, da sie von Wasser nicht genetzt werden, eindringende Feuchtigkeit ab. Dass die Cuticula sehr häufig von Wachs durchdrungen und mit demselben überzogen ist, hat De Bary [199]) gezeigt.

1. Fette Oele.

Die fetten Oele treten in den Zellen in Gestalt von kugelförmigen Tropfen auf, die wegen ihres starken Lichtbrechungsvermögens leicht zu erkennen sind. Sie sind in Wasser unlöslich, wenig löslich in Alkohol, leicht löslich in Aether, Benzol, Schwefelkohlenstoff und Essigsäure. Alle Alkalien zerstören sie unter Verseifung [Bildung von Alkalisalzen].

Zur mikroskopischen Nachweisung der fetten Oele dienen vorzugsweise Osmiumsäure und Alkannatinctur.

Osmiumsäure färbt die Tröpfchen fetten Oeles tief braun oder schwarzbraun, Alkannatinctur schön roth [Methode cfr. pag. 261 und 326]. Um die durch die Alkannatinctur rothgefärbten Tröpfchen von Harztropfen oder Tropfen ätherischen Oeles [welche durch sie ebenso gefärbt werden], zu unterscheiden, setzt man absoluten Alkohol zu: löst dieser die Tropfen nicht, so bestehen sie aus fettem Oel.

Ueber das etwas abweichende Verhalten der Oeltröpfchen der Lebermoose gegen Lösungsmittel vgl. Pfeffer in Flora 1874, pag. 2 ff.

2. Wachs.

Wachs findet sich als feste, weissliche oder gelbliche, bisweilen krystallinische Krusten auf der Oberfläche von Stämmen und Blättern

[199]) De Bary in Botan. Zeitg., 1871 l. c.

[*Acer*, *Ceroxylon andicola*, *Myrica cerifera*, *Klopstockia*, *Liriodendron tulipifera*, *Eucalyptus*, *Acacia cultriformis* etc.] und auf den Früchten vieler Pflanzen als sogenannter Reif. Es ist unlöslich in Wasser, wenig löslich in kaltem Alkohol, löslich in kochendem Alkohol, in Aether, Chloroform und ätherischen Oelen. Alkalien und Säuren verändern es fast gar nicht. — Es scheint oft durch Metamorphose von Cellulose zu entstehen; Jod und Schwefelsäure färben es nicht oder schwach gelblich.

Mikroskopische Reactionsmethoden auf Wachs giebt es bis jetzt nicht.

XVIII. Aetherische Oele.

Literatur: Theilweise bei den Fetten, theilweise bei den Harzen angegeben.

Farblose, gelbe, rothe, braune oder anders gefärbte, stark lichtbrechende Flüssigkeiten im Innern von Zellen, letztere ganz erfüllend oder als einzelne Tröpfchen im Zellsaft, vielleicht in gewisser Beziehung zu den Harzen stehend. In Wasser sind sie nur wenig löslich, leicht löslich dagegen in Alkohol, zumal in absolutem, sowie in Aether. Mit concentrirter Schwefelsäure nehmen sie gewöhnlich eine braune Färbung an.

Mikroskopisch werden sie durch Alkannatinctur oder Osmiumsäure nachgewiesen, mit denen sie dieselben Reactionen liefern wie die fetten Oele, sich aber durch ihre Löslichkeit in Alkohol von diesen unterscheiden.

XIX. Stearoptene [Campher].

Literatur: Borščow, Beiträge zur Histochemie der Pflanzen [Bot. Zeitg., 1874, pag. 17 ff.].

Aus der Gruppe der Stearoptene scheint bis jetzt nur ein Körper mikroskopisch untersucht zu sein, nämlich das

Asaron, $C_{20}H_{13}O_5$ [?].

Es ist eine krystallisirte, flüchtige Verbindung, die bei *Asarum europaeum*, zumal in den Rhizomen, vorkommt. Es ist unlöslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol, Aether, fetten und ätherischen Oelen. Concentrirte Schwefelsäure und rauchende Salpetersäure färben es orangeroth, resp. orangegelb. Nur die erstgenannte Säure kann zur mikroskopischen Untersuchung verwandt werden. Es zeigt sich dabei,

dass das Asaron in den Rhizomen zumal in den peripherischen Schichten des Grundparenchyms vorkommt, in Zellen, die sich schon äusserlich dadurch als asaronhaltig documentiren, dass sie mit einer grünlichen, stark lichtbrechenden Substanz [Asaron gelöst in einem nicht näher bekannten ätherischen Oele] angefüllt sind. — Setzt man zu einem solchen in Wasser liegenden Schnitt einen Tropfen concentrirte Schwefelsäure, so färben sich allmählich sämmtliche Oeltropfen zuerst gelblich, dann rein gelb und endlich orange. Sind in der Zelle viele solche Tropfen vorhanden, so fliessen diese nach der Behandlung mit der Säure in einen oder zwei Tropfen von grösseren Dimensionen zusammen.

XX. Harze, Balsame, Terpene.

1. Harze im engeren Sinne.

Literatur: Karsten, Ueber d. Entstehung d. Harzes, Wachses etc. [Botan. Zeitg., 1857, pag. 313 ff.]. — Wigand, Ueber d. Desorganisation d. Pflzelle, insbes. über d. physiol. Bedeut. v. Gummi u. Harz [Pringsheim's Jahrb., Bd. III, 1863, pag. 115 ff.]. — Dippel, Z. Histologie d. Coniferen II [Botan. Zeitg., 1863, pag. 253 ff.]. — Schacht, Ueber ein neues Secretionsorgan im Wurzelst. v. *Nephrodium Filix mas* [Pringsheim's Jahrb., Bd. III, 1863, pag. 352 ff.]. — Wiesner, Ueber d. Entsteh. d. Harzes im Innern der Pflzellen [Sitzungsber. d. K. Acad. d. Wiss. Wien, Bd. LI, 1865; cfr. Chem. Centralbl., 1865, pag. 756 ff.]. — Müller, Unters. über d. Vertheilung d. Harze etc. im Pflanzenkörper [Pringsheim's Jahrb., Bd. V, 1866, pag. 387 ff.]. — Hanstein, Ueber d. Organe d. Harz- u. Schleimabsonderung in den Laubknospen [Botan. Zeitg., 1868, pag. 697 ff.]. — Franchimont, Recherches sur l'origine et la constitution chim. des résines de terpènes [Arch. Néerland, t. VI, 1871, pag. 426 ff.; cfr. auch Flora 1871, pag. 225 ff.]. — Vogl, Ueber den Bau des Holzes von *Ferreira spectabilis* u. d. Bildungsw. des sogen. Angelinpedraharzes [Pringsheim's Jahrb., Bd. IX, 1873, pag. 277 ff.].

Vorzüglich bei der Gruppe der Coniferen, aber auch bei sehr vielen anderen Gewächsen, selbst bei einigen Kryptogamen [Farne, Schacht], finden sich eigene Gänge [Harzgänge], die durch Auseinanderweichen von Zellen oder durch Zellresorptionen entstehen und in denen sich jene Stoffe ansammeln, welche man Harze oder Balsame nennt; bisweilen werden sie durch Rupturen, Spalten nach aussen hin als Secrete ergossen. In einigen Fällen werden sie auch durch eigene Secretionsorgane an die Aussenwelt transportirt [Colleteren von Laubknospen, Harz bei *Hedera*].

Ueber ihre Entstehung herrschen zwei Ansichten. Nach der einen, die auch von vielen Chemikern vertreten wird, bilden sich die Harze in

der Pflanze aus ätherischen Oelen. Nach der Ansicht Wiesner's und Anderer sollen sie aus Cellulose und aus Stärke entstehen, die ihrerseits erst als Zwischenglied in Gerbstoffe verwandelt werden. Nach Franchimont bilden sie sich aus Glycosiden; diese erfahren eine Umwandlung in Gerbstoff und Oxalsäure; die Gerbsäure, die oft in Gestalt von Kügelchen [200]) auftritt, ergiebt unter dem Einflusse von albuminoïder Materie eine Substanz [Retinogen], die ihrerseits fähig ist, durch Einwirkung von Luft Harz und Terpentinöl zu liefern.

Vielen Coniferenharzen wird die Formel $C_{20} H_{30} O_3$ zugeschrieben und man betrachtet sie als Oxydationsproducte der Terpene [z. B. das Terpentinöl $C_{10} H_{16}$]. Das, was man gewöhnlich „Harz" nennt, ist eine Lösung von Harz im engeren Sinne in Terpenen [Gemenge von Kohlenwasserstoffen, wie Terpentinöl]. Zu den Harzen gehören auch die Balsame; man bezeichnet mit letzterem Namen gewöhnlich diejenigen Harze, welche wegen grösseren Terpengehaltes [ca. 24 Procent] flüssiger sind als beispielsweise unser Fichtenharz.

In der Pflanze treten die Harze entweder als Flüssigkeiten auf oder als mehr oder minder feste Körner [Harzmehl Wiesner, so in den Markzellen und Holzparenchym, z. B. bei *Acer*, *Ulmus*, *Fagus*, *Quercus*, *Protea*]. Nicht selten kommen auch Gemische [Gemenge] von Gummi mit Harz vor, welche man als Gummiharze oder Harzgummi bezeichnet [Colleteren von Laubknospen cfr. pag. 315].

Die Harze sind selten farblos, meist gelblich oder bräunlich gefärbt und mit russender Flamme verbrennend. Alle sind unlöslich in Wasser, viele sind löslich in Alkohol [werden daraus durch Wasser theilweise milchig niedergeschlagen], andere sind darin unlöslich. Aether löst die meisten Harze leicht, desgleichen Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl, Benzol, Chloroform und ätherische Oele. [Die Harze der einheimischen Coniferen sind in allen angegebenen Lösungsmitteln löslich]. Auch Alkalien und Mineralsäuren lösen die Harze leichter oder schwieriger.

Zur mikroskopischen Nachweisung der Harze wurden bis jetzt folgende Methoden vorgeschlagen:

Nach Unverdorben bilden viele Harze mit Kupfersalzen eine grüne Verbindung. Auf diese Eigenthümlichkeit gründet Franchimont [201]) folgendes Verfahren, welches für viele, aber nicht für alle Harzarten anwendbar ist. Man legt ganze, harzhaltige Pflanzentheile mehrere

---

[200]) Qui paraissent devoir leur origine aux noyaux cellulaires [!!].

[201]) Franchimont l. c., t. VI, pag. 427 ff.

Tage lang in eine wässerige, concentrirte Kupferacetatlösung [202]), wäscht sie darauf mit Wasser ab und verfertigt nun die mikroskopischen Schnitte. Die Harzcanäle erscheinen alsdann in schön smaragdgrüner Färbung.

Mit Alkannatinctur färben sich Harze schön zinnoberroth [Müller l. c.]. Das hier innezuhaltende Verfahren wurde bereits pag. 261 beschrieben. Man kann auch die Tinctur selbst verwenden, von der man einen Tropfen zu dem zu prüfenden Präparat thut. Letzteres muss schon vor dem völligen Verdunsten des Alkohols in Glycerin gelegt werden, weil sich sonst an allen Zellwänden der an sich harzige Alkannafarbstoff selbst in Gestalt kleiner Tröpfchen ausscheidet und das Resultat vereitelt.

Das Hanstein'sche Anilingemisch färbt viele Harze schön blau, und zwar ist es ein reines Blau ohne Violett oder Grün. Manche Balsame färben sich damit hingegen spangrün, auch rein oder schmutzig olivengrün [203]).

Mit concentrirter Schwefelsäure wird der Inhalt vieler Harzgänge roth oder braunroth, das Harz mehrerer *Araucaria*-Arten erhält mit Schwefelsäure und Kaliumbichromat eine ähnliche Farbe.

Harzmehl. Es stellt kugelige oder abgeplattete Körnchen von 0·0018 bis 0·018 mm Durchmesser dar, welche im Innern homogen sind oder einen anders lichtbrechenden Kern enthalten, selten bemerkt man an ihnen eine Schichtung. — Destillirtes Wasser verändert sie nicht, auch beim Kochen damit bleiben viele unverändert, andere schmelzen dann. Verdünnter Jodalkohol verändert sie nicht, nur einige nehmen damit eine schwach blaue Färbung an. Kochender Alkohol oder Aether lösen nur wenige Körner ganz, die meisten werden nur heller und geschichtet. Kalilauge löst sie unter Verseifung und Braunfärbung, auch Ammoniak, doch wirkt letzter weniger intensiv. In Cuprammoniumoxyd verändern sie sich nicht, ebenso sind sie gegen Salzsäure und Salpetersäure sehr resistent. Mit Schwefelsäure werden sie oft braun oder schwarzroth, mit Salzsäure roth, in Salpetersäure verblassen sie. In verdünnter Chromsäure zerfliessen viele Körnchen, die meisten werden deutlich geschichtet; solche, die lange in Chromsäure gelegen haben, sind farblos und zeigen mit Jod und Schwefelsäure

---

[202]) Nach Franchimont soll man mit dem Kupferacetat noch andere Stoffe erkennen können; Gerbstoffe sollen damit braun werden, Glycose scheidet metallisches Kupfer ab.

[203]) Hanstein, l. c., pag. 747.

wie mit Cuprammoniumoxyd Reactionen auf Zellstoff. Eisenchlorid giebt durch olivengrüne oder tief blaue Färbung Gerbstoffreaction.

Gummiharze. Das Studium dieser geschieht am besten mit Hanstein'schem Anilingemisch. Das damit behandelte und sorgfältig ausgewaschene Präparat zeigt das Harz schön blau, während das Gummi, die Amyloïde und andere schleimige Kohlehydrate, die in den blauen Harzcomplexen in Gestalt von kleineren oder grösseren Tröpfchen auftreten, entweder ungefärbt bleiben oder schwach rosarothe bis stark röthliche Farbentöne annehmen, wodurch ein derartiges Präparat oft ein schönes Bild gewährt[204]).

2. Betuloresinsäure.

Literatur: Müller, Einige Bemerk. über d. harzartigen Ausscheidungen an den Birken [Botan. Zeitg., 1845, pag. 793]. — Kosmann in Journ. d. Pharm. [2], Bd. XXVI, pag. 107. — Mikosch, Ueber d. Organe der Ausscheidung d. Betuloretinsäure an der Birke [Oesterr. Bot. Zeitschr., 1876, pag. 213 ff.].

Diese Harzsäure [$C_{36}H_{66}O_5$] ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol, Aether, Alkalien, kohlensauren Alkalien und concentrirter Schwefelsäure [in letzterer mit rother Farbe]. Wird durch Trichomdrüsen an den Blättern von *Betula alba* ausgeschieden, und zwar geschieht die Secretion durch Cuticulasprengung. Der Inhalt der Secretionszellen ist erst homogen-grün [von Chlorophyll herrührend], später wird diese Färbung durch eine tief rothbraune ersetzt. Das Secret ist eine blassgelbe, syrupdicke Masse, in welcher sich die Betuloresinsäure auf bis jetzt noch unbekannte Weise in Lösung befindet; sie wird aus derselben fest abgeschieden. — Der Inhalt der jugendlichen Drüsen färbt sich mit concentrirter Kalilauge gelb, später ziegelroth [Mikosch].

3. Milchsäfte.

Literatur: Weiss u. Wiesner, Beitr. z. Kenntn. d. chem. u. physik. Natur des Milchs. d. Pfl. [Bot. Zeitg., 1862, pag. 125 ff.]. — Hanstein, D. Milchsaftgef. u. verwandten Organe d. Rinde. Berlin 1863. — Dippel, Beitr. z. Histologie d. Pfl. 1. D. milchsaftführenden Zellen der Hollunderarten [Verh. d. naturhist. Ver. d. pr. Rheinl. u. Westf. 1865, Jahrg. XXII]. — Dippel, Entstehung. d. Milchsaftgef. u. deren Stellung im Gefässbündelsystem. Rotterd. 1865. — Vogl, Ueber Milchsaftgef. d. Klette [Bot. Zeitg., 1866, pag. 193 ff.].

---

[204]) Cfr. Hanstein, l. c., Taf. XI, Figur 23.

Die Milchsäfte stellen ein Gemenge verschiedenartiger Stoffe dar, sie sind daher nur schwierig einer Anordnung der Pflanzenstoffe nach chemischen Gesichtspunkten einzufügen. Da es aber scheint, dass in ihnen stets Harze vorkommen, so wollen wir ihrer in diesem Abschnitte mit einigen Worten gedenken.

Weiss und Wiesner[205]) geben als Bestandtheile des Milchsaftes von *Euphorbia platyphylla* an: Harz, Kautschuk, ätherisches Oel, Eiweissstoffe, Gummi, Extractivstoffe, Stärke, Zucker, Fett, Weinsäure, Mineralbestandtheile und einen Farbstoff.

Der Milchsaft coagulirt bereits an der Luft unter Rothfärbung. Mit Jodlösung gerinnt er zu gelbgefärbten Ballen oder braunen Massen. Ammoniak macht ihn grünlich [Hervortreten des Farbstoffes], Schwefelsäure unter Coagulation schön gelb. — „Bringt man einen Tropfen von Schwefelsäure, Salpetersäure oder Salzsäure auf die Objectplatte und lässt dann ein kleines Tröpfchen Milchsaft darauf fallen, so gerinnt es immer zu Scheibenform, und zwar sind diese Scheibchen entweder schön gelb [bei Schwefelsäure], oder fast farblos, nur ganz wenig gelb [bei Salpetersäure], oder wieder nahezu farblos, mit einem matten Stiche ins Gelbrothe [bei Salzsäure]. Lässt man auf Jodlösung ein Tröpfchen des Milchsaftes fallen und betrachtet die entstandene Scheibe im auffallenden Lichte, so erscheint sie schon mit freiem Auge schön lasurblau, und dieses Blau rührt, wie die Betrachtung unter dem Mikroskope zeigt, nicht etwa vom Amylum des Michsaftes her, was sich übrigens schon daraus ergiebt, dass diese blaue Scheibe im durchfallenden Lichte nicht mehr blau, sondern gelb erscheint [Weiss und Wiesner l. c.].

XXI. Phanerogamenfarbstoffe.

Literatur: Decaisne, Rech. anat. et phys. sur la Garance et le dévéloppem. de la matière colorante. Bruxelles 1837. — Nägeli u. Schwendener, Mikroskop., pag. 503 ff. — Weiss, Allgem. Bot., Bd. I, pag. 137.

Die hier zu besprechenden Farbstoffe bedingen die Farbe von gewissen Wurzeln, Hölzern, Samenschalen, Samen etc. Sie sind im ganzen wenig untersucht, es scheint jedoch, dass sie zuerst im Inneren der Zellen, im Zellstoff gelöst, vorkommen und später in die Membranen wandern, hier abgelagert werden und dauernd dort bleiben. Wir wollen hier einige der besser untersuchten Vorkommnisse an der Hand der Angaben von Nägeli und Schwendener besprechen.

---

[205]) Weiss u. Wiesner in Bot. Zeitg., 1862, pag. 126.

1. Farbstoff von *Rubia tinctorum*. Querschnitte der frischen Wurzeln erscheinen gelb, nicht roth, die meisten Rindenzellen enthalten eine gelbe Flüssigkeit, welche an der Luft rothe Flocken bildet. Junge Wurzeln besitzen ganz farblose Membranen, das Pigment findet sich hier nur im Zellinhalte. Kali färbt es purpurroth, Säuren orangefarben, Eisenchlorid orange und zuletzt bräunlichroth, Alhohol extrahirt den gelben Farbstoff, nicht den veränderten rothen.

2. Farbstoffe der Farbhölzer. Bekannte Beispiele gefärbter Hölzer sind Brasilholz, Santelholz, Blauholz, Fernambukholz u. a. Die Farbstoffe durchdringen die Wände und finden sich auch in Gestalt kleiner Körnchen in Markstrahlen und einzelnen Holzzellen. An mikroskopischen Schnitten erscheinen die Farbstoffe gelb bis rothorange, sie sind löslich in Alkalien [mit rothblauer oder violetter Farbe, Säuren stellen den ursprünglichen Farbenton wieder her]. Gleichfalls löslich sind sie in Wasser, Alkohol und Aether sowie in Glycerin. Die wässerigen Lösungen sind meist roth oder bläulich, die alkoholischen gelb oder orange. Säuren lösen mit gelber, carmin- oder blutrother Färbung. Der wässerige Auszug des Roth- oder Blauholzes färbt sich mit Eisenchlorid erst gelb, dann blau [Gerbstoffreaction].

3. Farbstoff der Berberis-Wurzel. Dieses Pigment ist gleichfalls zuerst im Zellsafte gelöst und wandert von da in die Membranen, die es gelb färbt. Verdünnte Säuren scheiden kleine gelbe Tröpfchen aus demselben aus [Eiweissverbindungen], Kali verursacht einen gelben Niederschlag und zieht den sich orangegelbfärbenden Farbstoff allmählich aus. In einem kalten wässerigen Auszuge des Farbstoffes erzeugt Salzsäure strahlenförmig gruppirte Krystallnadeln [Berberidin].

4. Rother Farbstoff der Samen von *Abrus precatorius*. Die scharlachrothe Färbung wird durch ein rothes Pigment hervorgebracht, das den dicken Wandungen der pallisadenartigen, die Oberfläche der Testa bildenden Zellen eingelagert ist. Alkalien färben es blau, Säuren darauf hochroth; es verhält sich also wie Anthocyan [cfr. pag. 359].

XXII. Kryptogamenfarbstoffe.

1. Algenfarbstoffe.

Literatur: Kützing, Phycologia generalis. 1843, pag. 21. — Kützing, Grundz. d. philos. Bot., Bd. I, pag. 166. — Cohn, Beitr. z. Physiol. d. Phycochromaceen u. Florideen [Schultze's Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. III, 1867, pag. 1 ff.]. — Nägeli u. Schwendener, Mikrosk., pag. 497 ff.]. — Askenasy, Beitr. z. Kenntn. d. Chlorophylls u. einiger dass. begleit. Farbstoffe [Bot. Zeitg., 1867, pag. 225 ff.]. — Rosanoff, Observ. sur les fonctions et les propriétés des pigments de diverses algues [Mém. de la soc. imp. de Cherbourg, t. XIII, 1867, pag. 145 ff.]. — Kraus et Millardet, Étude s. la mat. color. des Phycochromacées et des Diatomées [Mém. de la soc. des sc. nat. de Strasbourg, t. VI, 1868, pag. 23 ff.]. — Millardet, Sur la nature du pigment des Fucoïdées [Comptes rendus, t. LXVIII, 1869, pag. 462 ff.]. — Kraus, Z. Kenntn. d. Chlorophyllfarbstoffe. Stuttg. 1872. — Pringsheim, Ueber natürl. Chlorophyllmodif. u. d. Farbst. d. Florideen [Monatsber. d. K. Acad. d. Wiss. Berlin 1875, pag. 749 ff.]. — Sorby, On the characteristic colouring-matter of the red groups of Algae [Journ. of the Linn. Soc. vol. XV, 1875, pag. 34 ff.]. — Reinke, Beitr. z. Kenntn. d. Phycoxanthins [Pringsheim's Jahrb., Bd. X, 1876, pag. 399 ff.]. — Nebelung, Spectrosk. Unters. über d. Farbst. einiger Süsswasseralgen [Bot. Zeitg., 1878, pag. 369 ff.].

Die Farbstoffe der Algen sind sämmtlich, soweit sie als Inhaltsstoffe der Zellen an Plasma gebunden vorkommen, dem Chlorophyll sehr ähnlich und wohl nur als Modificationen desselben aufzufassen. Dass eine grosse Zahl von Algen übrigens wahres Chlorophyll besitzen, ist eine bekannte Thatsache, während bei anderen im Gegentheil grüne Farbstoffe vorkommen, welche von dem wahren Chlorophyll in ihrem chemischen wie spectroskopischen Verhalten verschieden sind. Die Algenfarbstoffe lassen sich nach ihrem Verhalten gegen Alkohol und Wasser in zwei Gruppen theilen, die der einen sind in Alkohol löslich, in Wasser unlöslich, die der anderen sind in Wasser löslich [fluorescirend], in Alkohol aber meist unlöslich. Die genauer untersuchten sind folgende:

A.
In Alkohol löslich, in Wasser unlöslich:

1. Florideengrün [grün].
2. Phykoxanthin [gelb].
3. Diatomin [gelbbraun].

B.
In Wasser löslich, in Alkohol unlöslich:

4. Phykoërythrin [roth].
5. Phykocyan [blau].
6. Palmellin [roth].
7. Phykophaeïn [braun].

1. Florideengrün. Ist durch Alkohol aus den Florideen extrahirbar, stellt eine Varietät des Chlorophylls dar, ist diesem allerdings sehr ähnlich.

2. Phykoxanthin. Gelber Farbstoff in Tangen und zahlreichen Süsswasseralgen, an Protoplasmakörper gebunden. Aus ersteren leicht durch Extraction mit Alkohol zu gewinnen; löslich schon in 40procentigem Alkohol, welcher wahres Chlorophyll nicht auszieht. Wird diese Lösung verdampft, so bleibt der Farbstoff als schleimige, amorphe, braune Masse zurück. Alkoholische Phykoxanthinlösung wird durch Säuren blaugrün, durch Alkalien aber nicht verändert.

3. Diatomin [Endochrom]. Gelber bis braungelber Farbstoff der Diatomaceen. Wird durch Säuren und Alkalien grünlich, durch concentrirte Schwefelsäure schön spangrün; Eisenchlorid lässt die Farbe unverändert. — Soll aus Phykoxanthin und Chlorophyll bestehen.

4. Phykoërythrin [Florideenroth]. Rother Farbstoff der Florideen, erscheint beim Trocknen derselben, ist in Wasser löslich, in Alkohol und Aether dagegen unlöslich. Die wässerige Lösung entfärbt sich am Licht; Alkalien färben sie blass olivengrün [fast farblos], Säuren stellen die rothe Farbe wieder her. Concentrirte Schwefelsäure lässt den wässerigen Auszug unverändert.

5. Phykocyan [Phykochrom]. In blaugrünen Algen. Der blaugrüne oder indigblaue Farbstoff ist in Wasser löslich, in Alkohol dagegen unlöslich, wird mit Alkalien gelblich, bräunlich oder gelbgrün, mit Salzsäure orangeroth oder schmutzig orange.

6. Palmellin. Ein rother, in Wasser löslicher Farbstoff bei *Porphyridium*, welcher mit Alkalien blau wird.

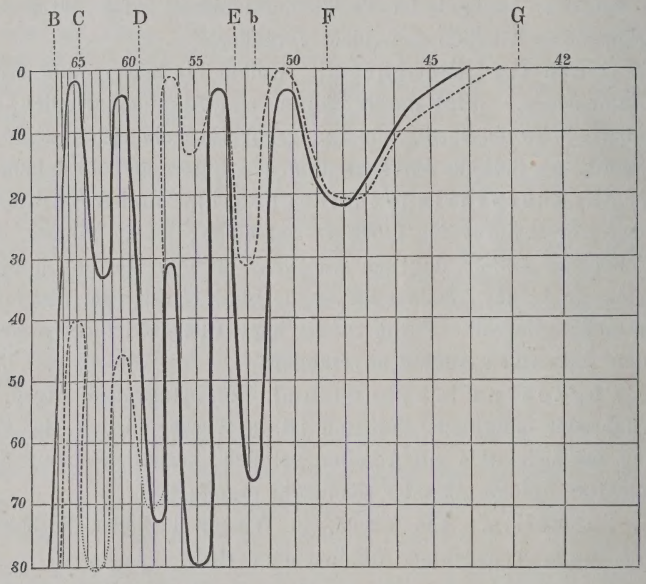
7. Phykophaeïn. Ein brauner, in Wasser und verdünntem Alkohol löslicher, in absolutem Alkohol, Aether und Benzol unlöslicher Farbstoff der Fucaceen, wo er gemeinschaftlich mit Chlorophyll und Phykoxanthin den Protoplasmakörnern eingelagert ist. Die wässerige Lösung ist intensiv braunroth und fluorescirt nicht [?]. Kalter absoluter Alkohol bringt eine Trübung der Lösung hervor, bei Erwärmung fällt der Farbstoff theilweise als flockiger, brauner Niederschlag aus. Aehnlich wirkt Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure. Concentrirte Alkalien entfärben die Lösung etwas.

Die hier charakterisirten Farbstoffe treten gewöhnlich in Gemeinschaft mit Chlorophyll auf und ihr optischer Effect mischt sich in der lebenden Pflanze mit dem des Chlorophylls.

Spectroskopisches Verhalten. Ueber einige der genannten

Algenfarbstoffe liegen eingehende spectroskopische Studien vor, während andere in dieser Beziehung noch sehr unbekannt sind. Spectroskopisch sind genauer geprüft:

Florideengrün und Florideenroth [Pringsheim][206]). Das Phykoërythrin [Florideenroth] zeigt ein Spectrum, welches alle wesentlichen Merkmale des Chlorophyllspectrums besitzt. [Figur 130, construirt nach Pringsheim's Angaben l. c., mit Zugrundelegung der



130.

Ångström'schen Scala; 0, 10, 20 etc. giebt die optische Concentration der untersuchten Lösungen an, die punctirte Linie ist die Absorptionscurve des Phykoërythrins, die ausgezogene die des Florideengrüns]. Es erscheinen aber beim Phykoërythrin die Chlorophyll-Bänder *III*, *IV* und *IVa* [cfr. pag. 353 ff.] bedeutend verstärkt, während Band *I* und *II* sehr geschwächt und die Bänder in Blau und Violett in ihrer Intensität unverändert erscheinen. Bei einigen Farbstoffen, die zur Phykoërythrin-Gruppe gehören, scheinen übrigens einige geringere Grad-Unterschiede in der Schwächung von Band *I* und *II* vorhanden zu sein. Im ganzen

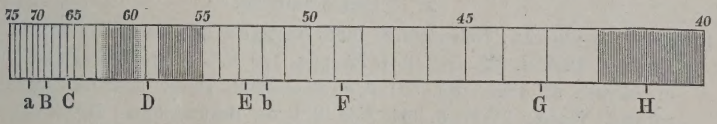
[206]) Pringsheim in Monatsber. d. K. Acad. Berlin 1875, pag. 749—754.

aber coïndiciren die Maxima und Minima der Absorptionscurve mit denen der Absorptionscurve des Chlorophylls.

Auch der grüne, alkoholische Auszug aus Florideen [Figur 130] ist spectroskopisch vom Chlorophyll etwas verschieden. Sein Spectrum unterscheidet sich von dem des Chlorophylls durch geringe Schwächung von Band *I*, *II* und *III*, durch bedeutende Verstärkung von Band *IV* und der Bänder im Blau und Violett, die in mittleren optischen Concentrationen zu einer Endabsorption zusammenfliessen, endlich noch durch das Auftreten eines neuen Absorptionsmaximums, welches die Wellenlängen 51 und 49 [Einheit = 0·00001 mm] umfasst.

Beide Spectra, mit einander verglichen [Figur 130], zeigen eine höchst genaue Coïncidenz der Absorptionsmaxima und -minima, weiterhin ist daraus ersichtlich, dass das Florideenroth sich als eine Modification des Florideengrün und nicht als eine unmittelbare Modification des Phanerogamen-Chlorophylls erweist [Pringsheim].

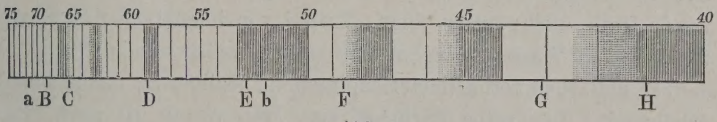
Phykocyan [Reinke]. Der hellblaue, roth fluorescirende wässerige Auszug von *Oscillaria* giebt in 15 cm hoher Schicht ein Spectrum [Figur 131, nach Reinke] mit 4 Absorptionsbändern, von denen *III*



131.

sehr schwach ist. Wird diese Lösung gekocht, so bleiben nur die Bänder bei *F* und *H* sichtbar, zugleich verliert sie die Fluorescenz.

Wenn man nach Extraction des Phykocyans die *Oscillaria* mit Alkohol extrahirt und das Filtrat mit Benzol ausschüttelt, so behält man im Alkohol das Phykoxanthin als bernsteingelbe Flüssigkeit übrig. Diese giebt ein ähnliches Spectrum wie Chlorophyll [Figur 132, nach Reinke],



132.

mit dem Unterschiede, dass Band *II* eine nicht unerhebliche Verbreiterung nach dem rothen Spectrumende zeigt. Es spaltet sich sogar bisweilen in zwei Bänder; auch Band *III* ist nach der rothen Seite hin ver-

breitert. Von den Bändern der zweiten Spectrumhälfte fallen *VI* und *VII* mit den entsprechenden Chlorophyllbändern zusammen, *IV* und *V* differiren von ihnen [207]).

Bezüglich älterer spectroskopischer Untersuchungen der Algenfarbstoffe, die gewöhnlich ohne Angabe der optischen Concentration gemacht wurden und daher nur relativen Werth haben, vergleiche man die oben citirten Schriften von Cohn, Kraus, Millardet, Rosanoff und Askenasy.

Anhangsweise sei noch bemerkt, dass Nägeli [208]) zwei Membranfarbstoffe von Algen erwähnt, nämlich das Gloeocapsin und das Scytonemin. Das Gloeocapsin kommt in den Membranen von *Gloeocapsa* und einigen anderen Algen vor und ist ein rother oder blauer Farbstoff, welcher sich durch Salzsäure rosa, rothorange oder braunroth, durch Kalilauge blau oder blauviolett färbt. Das Scytonemin ist ein gelber oder dunkelbrauner Farbstoff in den Wänden von Phykochromaceen, wird durch Salzsäure spangrün, durch Alkalien gelb, oft fast goldgelb.

2. Pilzfarbstoffe.

Literatur: Schröter, Ueber einige durch Bacterien gebildete Fermente [Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pfl., Bd. I, 1872, pag. 109 ff.]. — Klein in Quart. Journ. of microsc. sc. 1875, pag. 381 ff. — Sadebeck, Durch mikrosk. Organismen rothgef. Wasser [Verf. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, Bd. XVII, 1876, pag. 77 f.]. — Cugini, Sulla materia colorante del Boletus luridus [Gazzetta chimica, vol. VII, 1877, pag. 209 ff.].

In der Gruppe der Pilze scheinen Farbstoffe verschiedenartiger Natur sehr zahlreich vorhanden zu sein, welche alle mit dem Chlorophyll nichts zu thun haben. Leider sind diese Stoffe fast noch gar nicht studirt worden; wir können daher hier nur einige ganz oberflächliche Angaben machen.

Zunächst treten bei den Schizomyceten häufig Farbstoffe auf. Die chromogenen Bacterien erzeugen verschieden gefärbte Pigmente [roth, gelb, grün, blau, braun] von intensiven Farbennüancen. Sie sollen in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich sein [209]). Alkohol, Aether entfärben rothe Bacterienpigmente, Kalilösung macht sie durchscheinend. Der rothe Farbstoff von *Micrococcus* ist nach Helm [210])

---

[207]) Reinke in Pringsheim's Jahrb., Bd. X, pag. 406 ff.

[208]) Nägeli u. Schwendener, Mikr., pag. 507.

[209]) Nach Sadebeck l. c. ist das rothe Pigment von *Micrococcus* in Wasser theilweise löslich.

[210]) O. Helm in Arch. f. Pharm., 1875, pag. 19 ff.

Anilinroth. Er wird mit Salzsäure rosa, desgleichen mit Schwefelsäure [violett bei mehr Säurezusatz], mit Alkalien gelb. Säuren stellen in diesem Falle die rothe Färbung wieder her.

Der Farbstoff von *Agaricus atrotomentosus* löst sich in Alkohol und Essigsäure mit rosarother Farbe, wird durch Alkalien gelb, ist unlöslich in Wasser und Benzol.

Bei *Boletus luridus* und *B. cyanescens* sollen nach Phipson gleichfalls anilinartige Farbstoffe vorkommen; Cugini bestreitet dies und giebt folgende Eigenschaften des „säureartigen" Farbstoffes bei *Boletus luridus* an. Er ist löslich in Wasser und Alkohol, Säuren färben ihn prächtig gelb [Chromsäure gelbbraun], Ammoniak blau, Kalilauge roth. Eisenchlorid giebt eine intensiv grüne Färbung.

Spectroskopisch sind die Pilzfarbstoffe — mit Ausnahme einiger Bacterienpigmente — nicht untersucht worden. Die Spectra haben mit denen der Chlorophyllfarbstoffe nicht die entfernteste Aehnlichkeit.

Register.

Abblendung 23.
Aberration, chromatische 5. 24.
—, sphärische 5. 21.
—, —, Länge der 22.
Abietin 368.
Abrus precatorius, Farbstoff des Samens 381.
Absorptionsbänder 124.
Absorptionscurven, Construction der 357.
Absorptionsspectrum 124.
— des Anthocyans 359.
— des Anthoxanthins 360.
— des Chlorophylls 352.
— von Chlorophyllkörnern 354.
— des Etiolins 356.
— des Florideengrün 384.
— des Florideenroth 384.
— lebender Blätter 354.
— des Phykoërythrin 384.
— des Xanthophylls 357.
Adragantin 315. 317.
Aequivalente für Normallösungen 233.
Aether 248.
ätherische Oele 367. 375.
Aethyläther 248.
Aethylalkohol 248.
Aetzen mit Flusssäure 208.
Alantin 318.
Alaun-Carmin von Grenacher 259.
—, Verhalten zu Zellstoff 274.
Albumin 322.
Aleuron 322. 323.
Algen, einzellige 135.
Algenfarbstoffe 382.
Algenfischer 135. 136.
Algensucher 135.
Alkalien, Verhalten zu Zellstoff 273.
Alkaloïde 367. 373.
Alkannatinctur 261.
Alkohol 248.
— und Glycerin zur Erhärtung 149.
— zur Entferung der Luft 158.
— zur Erhärtung 148.
Alkoholantheil des Chlorophylls 349. 350.
Althaeaschleim 317.
Amici 5. 6. 7.
Amidobernsteinsäureamid 361.
Amidoverbindungen 264.
Ammoniak 243.
Ammoniumhydroxyd 243.
amorphe Proteïnkörner 324.
Amylodextrin 309.
Amyloïd 272. 277. 311. 312. 313.
Amylum 302. 303.
Analysator 107.
Analyse, mikroskopische 220.
Ångström'sche Scala 357.
Anilin, salzsaures 252.
Anilinfarben zu Kerntinctionen 342.
Anilinfarbstoffe 250.
Anilinfuchsinlösung 251.
Anilingemisch von Hanstein 250.
Anilinroth 387.
Anilinsulfat 252. 289.
—, Verhalten zu Lignin 281.
anorganische Pflanzenbestandtheile 364.
Anschleifen 164.
— fossiler Hölzer 167.
Anthochlor 359.
Anthocyan 358. 359. 381.
Anthoxanthin 350. 351. 358. 359.
—, Spectrum des 360.
Aplanat 6. 25.
Arabin 314. 315. 316.
Asaron 375.
Aschenbestandtheile 364.
Asparagin 249. 264. 361.
—, mikroskopische Nachweisung des 363.
Asphaltlack 190.

Assimilationsproducte 346.
assistirende Verbindung 271.
Aufbewahrung der Präparate 171. 172. 199.
— des Mikroskops 75.
Aufhellen der Präparate 159.
Aufhellungsmethode von Hanstein 161.
— von Pfeffer 161.
— von Russow 161.
Auflösungsvermögen 35. 39. 43.
Aurin 313.
ausserordentlicher Strahl 108.

Baber's Picrocarmin 260.
Bacterien 386.
Balsame 376. 377.
Balsamum canadense 181.
Bänder des Chlorophyllspectrums 353.
Bassorin 314. 315. 317.
Beale's Carminlösung 258.
— — zu Kerntinctionen 340.
— Verschlussmittel 192.
Begrenzungsvermögen 39. 40.
Beleuchtung, allseitige 81.
—, künstliche 69.
Beleuchtungsapparat 16. 17. 64.
Beleuchtungsspiegel 17.
Benèche und Wasserlein 6.
Benzolantheil des Chlorophylls 349. 350.
Berberiswurzel, Farbstoff der 381.
Betuloresinsäure 379.
Bezugsquellen von Dünnschliffen 173.
Bild 14.
Bildbetrachter 14. 31.
Bilderzeuger 14.
Blätter, Spectren der 354.
Blasebürette 227.
Blattgrün 342. 345.
Blauholz 381.
Blendcylinder 18. 67.
Blendscheibe 66.
Blendvorrichtungen 66.
Blütenfarbstoffe 264. 358.
Blutlaugensalz, gelbes 249.
Borax-Carmin von Thiersch 258.
— zu Kerntinctionen 340.
Brasilholz 381.
Brechende Prismen 113.
Brechungsexponenten von Flüssigkeiten 133.
Brenzkatechin 253.
Brewster 6.
— 'sche Kugeln 6.
Brille 13.
Brunswick black 190.
Bürette 226.
— von Gay-Lussac 226.
Bürette von Mohr 227.
Bunsenbrenner 147.

Calciumcarbonat 366.
Calciumoxalat 366.
Calciumphosphat 366.
Calciumsalze 366.
Calciumsulfat 366.
Camera lucida 81. 209.
— — als Messapparat 99.
— — von Amici 86.
— — von Wollaston 85. 87.
Campani'sches Ocular 34.
Campher 375.
Canadabalsam 166. 181. 198.
—, Einschluss in 182.
— in Tuben 182.
Carbolsäure 253.
— als Aufhellungsmittel 160.
Carmin, Beale'scher zu Kerntinctionen 340.
—, essigsaurer zu Kerntinctionen 340.
Carminammoniak von Hartig 256.
Carminlösungen 256.
Carminlösung von Beale 258.
— von Schweigger-Seidel 259.
Carminroth 256.
Carminsaures Ammoniak 257.
Cavernes de resorption 316.
Cellulose 264. 265. 267. 268.
—, cuticularisirte 295.
—, jugendliche 269.
—, Modificationen der 267.
—, Tabelle der Reactionen 301.
—, Verhalten zu Alauncarmin 274.
—, Verhalten zu Alkalien 273.
—, Verhalten zu Cuprammoniumoxyd 273.
—, Verhalten zu Jodreagentien 268.
—, Verhalten zu Kupfersulfat-Kali 274.
—, Verhalten zu Mineralsäuren 272.
—, verkorkte 294.
—, verschleimende 267. 275.
Celluloselamellen 296.
Celluloseschläuche 296.
Centralblende 69.
Centrirung der Objectivgläser 19.
Cerasin 315. 316.
Cerason 316.
Cerinsäure-Reaction Höhnel's 299.
Chara 138.
Chevalier 5. 6. 7.
Chlorcalciumlösung 183.
Chlornatrium 242.
Chlorzink 239.
Chlorzinkjod 238.
Chlorophyll 127. 264. 342. 345.
— im engeren Sinne 348.

Chlorophyll, krystallisirtes 348.
—, reines 349. 350.
—, Spectrum des 127. 357.
Chlorophyllfarbstoffe 348.
—, spectroskopisches Verhalten 351.
—, Verhalten gegen Reagentien 348.
Chlorophyllkörnchen 308. 345.
—, Spectrum der 354.
Chlorophyllösung, Absorptionspectrum der 351.
—, Dichroïsmus der 351.
—, Dispersionsvermögen der 351.
—, Fluorescenz der 351.
Chlorophyllmodificationen 350. 353. 359.
Chlorophyllspectrum 352.
—, Veränderungen des 355.
Chromatinkörper 341.
Chromogene 371.
Chromsäure 243.
—, titrimetrische Bestimmung 235.
Chromsäureanhydrid 243.
Chromsäurelösung zur Erhärtung 149.
Chromsäure-Reaction 297.
Chrysophansäure 370.
Cochenille-Carmin 256.
Cochenilleextract 256.
Collagen 277. 313.
Collectivlinse 31.
Concavspiegel 64.
Concentration, optische 353.
Condensor 18. 69.
Conglutin 322.
Coniferenholz als Testobject 41.
Coniferin 268. 279. 288.
Coniferinreagenz 289.
Conservirungsmittel 177.
— für Algen 185.
Copalfirnis 192.
Corallin 313.
Corallineen 138.
Correctionssystem 28.
Creosot als Aufhellungsmittel 160.
Creosotmischung 184.
— von Beale 184.
— von Harting 184.
Culpeper und Scarlet 4.
Culturen 202.
Cuprammoniumoxyd 244.
—, Verhalten zum Zellstoff 273.
— von Böttcher 245.
— von Neubauer 245.
— von Schweizer 244.
— von Wiesner 245.
cuticularisirte Cellulose 295.
Cutin 266. 267. 294.
Cutose 266.
Cuvette 124.
Cuvettenflasche 124.
Cyanin 359.
Cylinderblende 67.
Cystolithen 366.
Czokor's Cochenille-Carmin 256.

Dahlia zu Kerntinctionen 342.
Dahlin 318.
Dammaralackfirnis 192.
Dauerpräparat 131. 174.
Deckglas 176.
—, Auflegen des 187.
Desorganisation 276.
Dextrin 264. 308. 309. 343.
—, Methode der Nachweisung 309.
Diaphragma 3. 16.
Diatomaceen 162.
— als Testobjecte 47.
—, Mikrophotographien 49.
—, Präparationsmethode 47. 365.
Diatomaceen-Probeplatte von Möller 48.
Diatomin 385.
Divini 4.
Dollond 5.
Doppelspectrum 116. 118.
Doppelspiegel 89.
Doublet 77. 78.
Drebbel 3.
Drehtisch 195.
— von Frey 196.
Dreifuss 147.
Dünnschleifen 164.
— fossiler Hölzer 168.
Dünnschnitte, Herstellung der 147.

Einäscherung 138.
—, Methode von Sachs 138.
Einbettungsmittel 155.
einfaches Mikroskop 76.
Einlegen von Präparaten in flüssige Conservirungsmittel 186.
Einschliessen von Präparaten 190.
Einschlüsse, anorganische in Proteïnkörnern 324. 332.
Einstellen des Objects 7. 16. 74.
Eintheilung der Pflanzenstoffe 263.
Eisenchlorid 243.
Eisessig 248.
Eiweiss 322.
Eiweissstoffe 264. 321.
Endochrom 383.
Endodermis 295.
Entkalkung 138.
Eosin 254.
Epidermis von Blättern 135.
Epiplasma 335. 337.
Erhärtung von Objecten 148.
Erweichung 137.

Erweichung, Methode von Hartig 137.
—, Methode von Harting 137.
—, Methode von M. Schulze 137.
Erythrophyll 358.
Essigsäure 248.
—, titrimetrische Bestimmung 234.
essigsaurer Carmin zu Kerntinctionen 340.
Etiolin 350. 351.
—, Absorptionsspectrum des 356.
Etiquetten 198.
Etiquettirung 199.
Eugelacin 316.
Exsiccator 147.
extraordinärer Strahl 108.

Fadenkreuz 108.
— zum Zeichnen 207.
farbige Conservirungsflüssigkeit 185.
Farbhölzer 381.
Farbkörperchen von Blüten und Früchten 360.
Farbkrystalloïde 331.
— bei Solanum americanum 331.
Farbstoff der Berberiswurzel 381.
— der Farbhölzer 381.
— des Samens von Abrus precatorius 381.
— von Rubia tinctorum 381.
Farbstoffe der Algen 382.
— der Kryptogamen 382.
— der Phanerogamen 380.
— der Pilze 386.
Färbung der Zellkerne 339.
Fernambukholz 381.
Ferrocyankalium 249.
Fertigstellung der Präparate fossiler Pflanzen 170.
Fette 326. 367. 373.
fette Oele 374.
Feuchte Kammer von Geissler 204.
— — von Recklinghausen 202.
— — von Strasburger 203.
Flechten 300.
Flechtenstärke 311. 314.
Fibrose 266.
Filter 225.
Fixirung der Kernstructuren 338.
Flohglas 2.
Florideengrün 283.
—, spectroskopisches Verhalten 384.
Florideenroth 383.
—, spectroskopisches Verhalten 384.
Fontana 3. 4.
fossile Pflanzen 162.
Frangulin 369.
Fraunhofer 6.
Frey's Drehtisch 196.
— Glycerincarmin 257.
— Fuchsinlösung 251.
Frostmischungen 136.
Fuchsinlösung von Frey 251.
functionirende Proteïnstoffe 322. 333.
Fungin 266.
Fuss 5.
Fuss 71.

Galiläi 3.
Galläpfel 371.
gallertbildende Kohlehydrate 315.
Gallussäure 372.
Gebrauch des Mikroskops 71.
Geissler's feuchte Kammer 204.
Gelatineglycerin 179.
Gelatinepräparate, Einschluss der 180. 194.
Gentianaviolett zu Kerntinctionen 342.
Gerbsäuren 367. 370.
Gerbstoffe 359. 370. 377. 381.
—, eisenbläuende 371.
—, eisengrünende 371.
Gerlach's carminsaures Ammoniak 257.
Glasglocken 147.
Glasstäbe 146.
Glaswolle zum Filtriren 225.
Glaszellen 189.
Gleiss 362.
Gleocapsin 386.
Gliadin 322.
Glutencaseïn 322.
Glutenfibrin 322.
Glycerin 177.
— als Aufhellungsmittel 160.
Glycerincarmin von Frey 257.
Glyceringelatine 179.
— als Einbettungsmittel 156.
— von Kaiser 180.
— von Nordstedt 180.
Glyceringemisch von Beale 181.
— von Deane 181.
— von Farrants 181.
— von Hantsch 178.
— von Klebs 181.
— von Schacht 181.
Glycerin-jelly, mounting with 181.
Glycerinum depuratum 177.
Glycose 319.
—, Nachweisung der 320.
Glycoside 367. 377.
Gold-size 192.
Goniometer 106. 112.
Grammatophora marina 52.
— oceanica 53.
— subtilissima 53.

Gram-Rützou'scher Kitt 191.
Granulose 306. 307.
Grat 142.
Grenacher's Alaun-Carmin 259.
— Hämatoxylinlösung 340.
Grundiren 187.
Grundirungsrahmen 187.
Grundmasse der Proteïnkörner 326.
Grundsubstanz der Chlorophyllkörner 346.
Gummi 311. 314. 315. 343.
Gummi arabicum 315.
— — als Einbettungsmittel 155.
Gummiarten 264.
Gummigänge 316.
Gummiharze 377. 379.
Gummikrankheit 316.
Gummischleime 311. 312. 314. 315.
Gummosis 316.

Haarpinsel 146.
Hämateïn-Ammoniak 341.
Hämatoxylin 255.
Hämatoxylinlösung von Frey 255.
— von Grenacher 340.
— zu Kerntinctionen 340.
hängender Tropfen 203.
Handschneidemaschine 166.
Hanstein's Anilingemisch 250.
Hartig's Carmin-Ammoniak 256.
Harting 3. 6. 13. 21.
Hartnack 6.
Harze 315. 367. 376. 377.
— im engeren Sinne 376. 377.
Harzgummi 315. 377. 379.
Harzmehl 377. 378.
Harzsäuren 379.
Hauptachse der Linsen 21.
Helenin 318.
Hesperidin 369.
Hipparchia Janira, Flügelschuppen 43.
Höhnel's Cerinsäure-Reaction 299.
— Chromsäure-Reaction 298.
— Kali-Reaction 298.
— Methode, Verholzung nachzuweisen 289.
Hoffmeister 12.
Holle's Zeichenapparat 90.
Hollundermark zur Anfertigung von Schnitten 153.
Holzdextrin 309.
Holzstoff 266. 267. 279. 301.
—, Verhalten zu Anilinsulfat 281.
—, Verhalten zu Indol 286.
—, Verhalten zu Jodreagentien 280.
—, Verhalten zu Kirschholzextract 285.
—, Verhalten zu Phenolsalzsäure 288.
—, Verhalten zu Phloroglucin 284.
Holzstoffreactionen, Empfindlichkeit der 289.
Hooke 3. 4.
Hüllhaut 325.
Hüllschicht 336.
Huygens'sches Ocular 34.
Hydrocharis Morsus ranae, Wurzelhaare 135.
Hydrochinon 286.
Hypochlorin 346. 348.

Immersionssystem 27.
incrustirende Substanzen 266. 273. 279. 296.
Indol 254. 289.
—, Verhalten zu Lignin 286.
Indollösung, Haltbarkeit der 290.
Inhaltsstoffe, flüssige der Zelle, Tabelle der Reactionen 343.
Injectionen 221.
Instrumente für Dünnschnitte 139.
Intercellularsubstanz 266. 267. 290. 291. 301.
—, Untersuchungsmethode der 294.
Inulin 264. 317. 318. 343.
—, Nachweisung des 319.

Janssen 3.
Jodalkohol 237.
Jodglycerin 237.
Jodjodkalium 238.
Jodlösungen 237.
Jodreagentien, Verhalten zu Lignin 280.
—, Verhalten zu Zellstoff 268.
Jodwasser 237.
Jodwasserstoffsäure 239.

Kali-Alkohol 242.
— als Aufhellungsmittel 161.
Kalilösung, Aufbewahrung 240.
—, titrimetrische Bestimmung 233. 234.
Kalireaction Höhnel's 298.
Kaliumacetat 184.
Kaliumbichromat 242.
— zur Erhärtung 149.
Kaliumchlorat 242.
Kaliumhydroxyd 240.
— als Aufhellungsmittel 160.
Kaliumnitrat 242.
Kaliumpyrochromat 242.
Kalksalze 365. 366.
Kammer, feuchte 202.

Kernstructuren, Fixirung der 338.
Kerntinctionen 338. 339.
Kieselpanzer der Diatomeen 365.
Kieselsäure 365.
Kirschgummi 315.
Kirschholzextract, Verhalten zu Lignin 285.
Klammern für den Objecttisch 63.
Klebermehl 322. 323.
Kleberproteïnstoffe 322.
Koch's Methylviolett 251.
Kohlehydrate 264.
—, gallertbildende 315.
Kork zur Anfertigung von Schnitten 154.
Korkstoff 266. 267. 296. 301.
Korkzellen 295.
Kranzkörper 332.
Krappfarbstoff 381.
Kryptogamenfarbstoffe 367. 382.
Krystalle 332.
Krystallformen des Asparagins 362.
— des Calciumoxalats 366.
Krystalloïde 324. 327. 328.
— bei Bertholletia excelsa 329.
— bei Florideen 330.
— der Kartoffelknolle 329.
— von Pilobolus 330.
— in Proteïnkörnern 327.
künstliche Beleuchtung 69.
Kupferacetat 248.
Kupferoxydammoniak 244.
— für blaues Licht 70.
Kupferstecherfirnis 207.
Kupfersulfat 244.
Kupfersulfat-Kali, Verhalten zu Zellstoff 274.
Kupfervitriol 244.
Kurzsichtigkeit 12.
Kyanophyll 349. 350.

Längsschnitte 152.
Lamelle, mittlere 291.
Lanzetten 144.
Lanzettnadel 145.
Laubmoose, Blätter der 135.
lebende Organismen, Beobachtung 201.
Leeuwenhoek 2.
Legumin 322.
Leinsamenschleim 317.
Leitz 6.
Lichenin 300. 311. 314.
Lignin 266. 267. 279. 301.
—, Verhalten zu Anilinsulfat 281.
—, Verhalten zu Indol 286.
—, Verhalten zu Jodreagentien 280.
—, Verhalten zu Kirschholzextract 285.
Lignin, Verhalten zu Phenolsalzsäure 288.
—, Verhalten zu Phloroglucin 284.
Linearvergrösserung 35.
Linsen, achromatische 25.
—, sphärische 21.
—, überverbesserte 25.
—, unterverbesserte 25.
Linsensatz, achromatischer 19.
Liqueur nitromercurique 247.
Lister 20. 24.
Luftpumpe 158.
Lupenträger 77.
Luteïn 359.
Lycaena, Flügelschuppen 42. 46.

Maasscylinder 227.
Maassgefässe 226.
Maasskolben 226.
Maceration 162.
—, Castracane's Methode 163.
—, Göppert's Methode 163.
—, Hartig's Methode 137.
—, Harting's Methode 137.
—, Schulze's Methode 137. 163.
Magnesiumsalze 365.
Maskenlack 190.
Medullin 267.
Membranfarbstoffe 380. 386.
Merz 6.
Messapparat des Mikrospectroskops 119.
— — —, Anwendung des 123. 127.
Messung, mikrometrische 92. 102.
Metaarabin 315.
Metallsiebe [Diatomeen] 365.
Metaphosphorsäure 236.
Metaplasma 335. 337.
Methylgrün 252.
— zu Kerntinctionen 341.
Methylviolett von Koch 251.
Microscopium 1.
Mikrochemie 221.
Mikrometer 92.
Mikrometerschraube 7. 16. 58.
Mikrometerwerthe 103.
Mikromillimeter 104.
Mikron 104.
Mikroskop 1.
—, einfaches 14. 74.
—, zusammengesetztes 2. 14.
Mikroskopfuss 15. 71.
Mikroskophülse 15.
Mikroskopirlack 191.
Mikroskopröhre 15. 56.
Mikrospectroskop 113.
—, Benutzung des 123.
Mikrum 104.
Milchsäfte 379.

Millon's Reagenz 247.
Mineralsäuren, Verhalten zu Zellstoff 272.
Mittellamelle 266. 267. 290. 291. 295. 301.
—, junge 292.
Mittelstrahlen 23. 66.
Mittlere Lamelle 291.
Mohl 6. 8.
Mohl's Lupenträger 77.
Monobrom-Naphthalin 185.
Mucedin 322.

Nachet 6.
Nadeln 144.
Nebenapparate, mikroskopische 76.
Negativocular 34.
Newton 5.
Nicol'sches Prisma 107.
Nitroprussidnatrium 249.
Nitzschia linearis 54.
Nobert's Probeplatte 56.
— Zeichenprisma 87.
Normalkalilösung 231.
Normaloxalsäurelösung 231.
Normalschwefelsäure 232.

Oberhäuser 6.
Oberhäuser's Zeichenprisma 90.
Objecte für das Spectroskop 124.
— zur sofortigen Beobachtung 134.
Objectiv 14. 15. 18.
Objectivglasmikrometer 92.
Objectivmikrometer 92.
Objectivschraubenmikrometer 94.
Objectivsystem 19. 20. 25.
Objectivvergrösserung 36.
Objecttisch 62.
—, beweglicher 99.
—, centrirbarer 63.
—, drehbarer 99.
—, heizbarer 64.
Objectträger 174.
—, Formate der 175.
Ocular 14. 15. 31.
—, Form des 32.
—, orthoskopisches 34.
—, positives 34.
Ocularglas 31.
Ocularglasmikrometer 96.
Ocularmikrometer 96.
— zum Zeichnen 205.
Ocularschraubenmikrometer 99.
Oeffnungswinkel der Linsen 20.
Oele, ätherische 367. 375.
—, fette 374.
Oelstein 141.
optische Concentration 353.
Orcin 286.
ordentlicher Strahl 108.
ordinärer Strahl 108.
orthoskopisch 34.
Osmiumsäure 247.
Oxalsäure 249. 311. 312.
Oxalsäure-Carmin von Thirsch 257.

Pacini'sche Flüssigkeit 184.
Palmellin 383.
Paracellulose 266.
Paraffin als Einbettungsmittel 156.
Parallelogramm-Bewegung 61.
Paratoluidin 289.
Pectin 291.
pectinerzeugende Schleime 312.
pectinfreie Schleime 312.
Pectinkörper 294.
Pectinsäure 294.
pectinsaurer Kalk 294.
pectinsaure Salze 294.
Pectinstoffe 294. 315.
Pectose 315.
Pectose-Metamorphose 293.
Pfeffer's Methode zur Untersuchung der Proteïnkörner 325.
Pflanzenbasen 373.
Pflanzenbestandtheile, anorganische 364.
Pflanzencaseïn 322.
Pflanzeneiweiss 322.
Pflanzenfarbstoffe 264.
Pflanzenschleime 264. 276. 310. 311. 343.
Pflanzenstoffe 262.
—, anorganische 264.
—, beschränkter Verbreitung 367.
—, Eintheilung der 263, 367.
Phanerogamenfarbstoffe 367. 380.
Phenol 235.
Phenolsalzsäure 253. 289.
—, Verhalten zu Lignin 288.
Phloroglucin 253. 289.
—, Verhalten zu Lignin 284.
Phosphorsäure 236.
Phykochrom 383.
Phykocyan 383.
—, spectroskopisches Verhalten 385.
Phykoërythrin 383.
—, spectroskopisches Verhalten 384.
Phykophaeïn 383.
Phykoxanthin 383.
Pieris brassicae, Flügelschuppen 44.
Pikrinsäure-Hämatoxylin zu Kerntinctionen 340.
Pikroanilin 252.
Pikrocarmin 257.

Pikrocarmin von Baber 260.
— von Weigert 260.
— zu Kerntinctionen 340.
Pikrocarminsaures Ammon 259.
Pilzcellulose 299.
Pilzfarbstoffe 386.
Pinnularia nobilis, Testobject 48.
— viridis, Testobject 48.
Pinsel 146.
— zum Einschliessen 193.
Pinzetten 145.
Pipetten 226.
Planspiegel 64.
Plantagoschleim 317.
Plasma 334.
Plasmodien, Reactionen der 337.
Plasmolyse 335.
Pleurosigma, Testobjecte 48.
— angulatum 50.
— balticum 49.
Plössl 6. 8.
Polarisationsapparat 106.
—, Gebrauch des 110.
Polarisator 107.
Pollenin 266. 267. 294.
Porcellanschälchen 146.
Porcellantiegel 146.
Positivocular 34.
Powell 6.
Präparate, mikroskopische 130.
— fossiler Pflanzen 162.
Präparatencartons 199.
Präparatenkästen 199.
Präparirmikroskop 76.
—, Gebrauch des 158.
primäre Zellstoffhülle 291.
Primärmembran 291.
Prismen à vision directe 113.
—, brechende 113.
Pritchard 6.
Probeobjecte 38.
Probeplatte von Nobert 56.
Projection mikroskopischer Bilder 82.
Proteïnkörner 322. 323.
—, amorphe 324.
—, Grundmasse der 326.
— mit anorganischen Einschlüssen. 327. 332.
— mit Globoïden 332.
— mit Krystallen 332.
— mit Krystalloïden 324. 327.
—, Verhalten gegen Reagentien 326.
Proteïnkörper 264.
Proteïnkrystalloïde 328.
Proteïnstoffe 321. 343.
—, functionirende 322. 333.
Protoplasma 321. 333. 334. 335.
—, Verhalten gegen Reagentien 336.
Prüfung des Mikroskops 38.
Pyrogallin 286.
Pyrogallussäure 289.
Pyrol 286.

Quecksilberchlorid 246.
Querschnitte 150.
Quetschhahnbürette 227.

Ramsden'sches Ocular 34.
Randschicht 337.
Randstrahlen 22. 66.
Raphiden 366.
Raphidenbündel 366.
Rasirmesser 139.
—, Poliren der 142.
—, Schärfen der 141.
Reaction 220.
Reactionen auf Cellulôse [Tabelle] 301.
— auf flüssige Zellinhaltsstoffe [Tabelle] 343.
Reagentien, anorganische 235.
—, Apparate zur Darstellung der 224.
—, chemische 220.
—, mikroskopische 219.
—, organische 248.
—, physikalische 221.
Recklinghausen's feuchte Kammer 202.
Reductionstabelle für Mikrometerwerthe 105.
Reflexion, totale 85.
Reflexionsprismen 84.
Reflexionsspiegel 83.
Reinigen des Mikroskops 71.
Reserveproteïnstoffe 322. 323.
Resorcin 286. 289.
Retinogen 377.
Revolver-Objectträger 58.
Revolver-Vorrichtung 58.
Rhamnoxanthin 369.
Rheïn 370.
Rhodankalium 249.
Rhodospermin 330.
—, hexagonales 331.
—, klinorhombisches 331.
Rohchlorophyll 348.
Rohrzucker 249. 264. 320. 343.
—, Nachweisung des 320.
Rosolsäure 313.
Ross 6.
Rubia tinctorum, Farbstoff 381.
Rutilin 368.

Saccharose 320.
Sachs 10. 11.

Saffranin zu Kerntinctionen 342.
Salicin 368.
Salpetersäure 235.
Salzsäure 236.
Sammellinse 18.
Santelholz 381.
Scalpelle 143.
Schattirung mikroskopischer Zeichnungen 215.
Scheeren 145.
Schellackkitt 191.
— von Gram-Rütz ou 191.
— von Thiersch 191.
— von Zimmermann 191.
Schieberpinzette 145.
Schieck 6.
Schizomyceten 386.
Schleime 311. 343.
— aus Cellulose 311.
— aus Stärke 311.
— eigentliche 311. 312.
— pectinerzeugende 312.
— pectinfreie 312.
Schleimsäure 312. 315.
Schlitten 17. 68.
Schmirgelplatte 168.
Schneidemaschine 166. 170.
Schnitte aus freier Hand 149.
—, Entfernung der Luft 157.
— in Einbettungsmitteln 155.
— zwischen Hollundermark und Kork 153.
Schrauben, Schonung derselben 73.
Schutzleisten 197.
Schwefelsäure 236.
—, titrimetrische Bestimmung 234.
Schweigger-Seidel's Carminlösung 259.
Schweizer's Reagenz 244.
Scytonemin 386.
Secrete 316.
Seeleim 198.
Sehen, mikroskopisches 8.
Seibert 6.
Seiler's Conservirungsflüssigkeit für Stärke 185.
Siegellackkitt 191.
Simplex 78.
—, Gebrauch des 158.
Sömmerring's Spiegel 88.
Solitär 323.
Spalt des Spectroskops 114.
— — — Einfluss auf das Spectrum 125.
— — —, Reinigung 115.
Specifisches Gewicht von Flüssigkeiten 230.
Spectralocular 113.
Spectrenvergleichung 128.
Spectroskop 113.
—, Einstellung des 125.
Spectroskop, Objecte für das 124.
Spectrum 117.
— des Anthoxanthins 360.
— des Chlorophylls 352.
— von Chlorophyllkörnern 354.
— des Etiolins 356.
— des Florideengrün 384.
— des Florideenroth 384.
— lebender Blätter 354.
— des Phycocyans 385.
— des Phycoërythrins 384.
Sphärokrystalle 318.
Spiegel 17. 64.
— von Sömmerring 88.
Spirituslampe 147.
Spitzenocular 93.
Spritzflasche 146.
Stärke 346.
— in Chlorophyllkörnern 308.
—, mit Proteïnstoffen 307.
Stärkecellulose 306. 307.
Stärkekörner 303.
— als Testobject 42.
Stärkemehl 264. 302. 303.
—, Verhalten zu Jod 304.
—, Verhalten zum polarisirten Lichte 304.
Stärkezucker 319.
Stativ 7. 15.
Staubfädenhaare von Tradescantia 134.
Stearoptene 367. 375.
Stellschraube 7.
Stickstoffverbindungen 264.
Stöpselgläser 224.
— mit doppeltem Verschluss 224.
Strasburger's feuchte Kammer 203.
Streichriemen 141.
Suberin 266. 267. 294. 301.
Suberinlamellen 295.
Sublimat 246.
Sublimatlösungen 183.
— von Godbay 184.
— von Pacini 184.
Substanzen, incrustirende 266. 273. 279. 296.
Surirella Gemma 54.
suspendirter Tropfen 203.
Synapta, Kalkkörperchen 40.
Syringin 369.
Système à immersion 27.

Tannin 370.
Tauchsystem 27.
Tellerfassung 78.
Terpene 376. 377.
Terpentinöl 377.
Testobjecte 38.
Thiersch' Borax-Carmin 258.
— Oxalsäure-Carmin 257.

Thiersch' Schellackkitt 191.
Tinction 221.
— mit Anilin 251. 342.
— mit Beale'schem Carmin 340.
— mit Borax-Carmin 340.
— mit Dahlia 342.
— mit Gentianaviolett 342.
— mit Methylgrün 341.
— mit Pikrinsäure-Hämatoxylin 340.
— mit Pikrocarmin 340.
— mit Saffranin 342.
— von Zellkernen 339.
Tisch 16.
Titrirmethode 230.
Tonstein 141.
Topping's Flüssigkeit 184.
Tradescantia 134.
Traganthgummi 277. 315. 316.
Traubenzucker 264. 319. 343.
—, Nachweisung des 320.
Trieb 15.
Trioxyhydrobenzol 253.
Triplet 77.
Trockenlinse 26.
Tubus 56.
—, ausziehbarer 57.
—, extrahirbarer 57.
Tüpfelschuppen von Lycaena 42.
Tyrosin 364.

Ueberosmiumsäure 247.
—, zur Erhärtung 149.
Uhrgläschen 146.
—, Erhitzen im 294.
Untersuchung der Pflanzenstoffe 262.

Van Deyl 6. 7.
Vanillin 279. 368.
Vasculose 266.
Veratrin 373.
Verbesserungssystem 29.
Vergleichsprisma 116.
Vergleichung der Mikrometerwerthe 105.
Vergrösserung, Bestimmung der 100.
Vergrösserungskraft 35.
Vergrösserungsvermögen 35.
Verholzung 266.
Verkorkte Cellulose 294.
Vermögen, optisches 38.
Verschleimende Zellulose 267. 275.
Verschluss eckiger Deckgläser 192.
— runder Deckgläser 195.
Verschlussmittel 190.
Vitrum muscarium 2.
— pulicarium 2.

Wachs 374.
— als Verschlussmittel 190.
Wasser 235.
—, destillirtes, zur Entfernung der Luft 158.
Wassersystem 27.
Weigert's Pikrocarmin 260
Weisskörner 327.
Wiesner's Reagenz 282.
Wilson 4.
Winkel 6.
Winkelmessung, mikroskopische 112.
Wollaston's Camera lucida 85.

Xantheïn 359.
Xanthin 359.
Xanthophyll 349. 350. 351.
—, Spectrum des 357.
Xylophilin 253.

Zeichenapparate 81.
Zeichenmaterialien 217.
Zeichenprisma 87. 90.
Zeichnen, Hilfsmittel für das 205.
—, mikroskopisches 11. 81. 204.
Zeichnungen, Ausführung mikroskopischer 211.
—, schematische 211.
Zeiss 6.
—, Präparirmikroskop 80.
Zellen von Lack 188.
Zellhautstoff 269.
Zellinhaltstoffe, flüssige, Reactionen 343.
Zellkern 333. 334. 338.
Zellkernfärbungen 339.
Zellkerntinctionen 339.
Zellstoff 264. 268. 301.
—, Verhalten zu Alauncarmin 274.
—, Verhalten zu Alkalien 273.
—, Verhalten zu Cuprammoniumoxyd 273.
—, Verhalten zu Jodreagentien 268.
—, Verhalten zu Kupfersulfat-Kali 274.
—, Verhalten zu Mineralsäuren 272.
Zellstoffhülle, primäre 29.
Zerstreuungsbilder 22.
Zimmermann's Schellackkitt 191.
Zuckerwasser 183.
Zusatzflüssigkeiten 177.
—, Brechungsexponenten der 133.
—, Eigenschaften der 132.
Zuschneiden versteinter Hölzer 166.